T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

DOĞRULTUCU VE EVİRİCİ DEVRELERİ

Ankara, 2013

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. DOĞRULTUCU DEVRE ÇEŞİTLERİ 3
1.1. Düşürücü Dönüştürücüler (Buck) 3
1.2. Yükseltici Dönüştürücüler (Boost) 5
1.3. Düşürücü-Yükseltici Dönüştürücüler (Buck-Boost) 7
1.4. Flyback Dönüştürücüler (Geri Dönüşlü) 9
1.5. Forward Dönüştürücüler (İleri Yönlü) 10
1.6. Yarım Köprü Dönüştürücüler 10
1.7. Tam Köprü Dönüştürücüler 11
1.8. Push-Pull Dönüştürücüler 12
UYGULAMA FAALİYETİ 13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 15
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 16
2. DOĞRULTUCU DEVRE HESAPLAMALARINI YAPMAK 16
2.1. Bobin Hesabını Yapmak 16
2.1.1. Düşürücü Dönüştürücüde Bobin Hesabı 16
2.1.2. Yükseltici Dönüştürücüde Bobin Hesabı 18
2.2. Kondansatör Hesabı Yapmak 19
2.3. Çalışma Görev Oranı Hesabı Yapmak 22
2.4. Çalışma Frekansını Hesaplamak 23
UYGULAMA FAALİYETİ 25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 26
3. DOĞRULTUCU DEVRE ELEMANLARININ SEÇİMİNİ YAPMAK 27
3.1. Tanımı 27
3.2. Bobin Seçimini Yapmak 27
3.2.1. Sabit Bobinler 28
3.3. Kondansatör Seçimini Yapmak 32
3.3.1. Sabit Kondansatörler 32
3.3.2. Ayarlı Kondansatörler 35
3.4. Anahtarlama Elemanı Seçimi Yapmak 37
UYGULAMA FAALİYETİ 39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 40
ÖĞRENME FAALİYETİ–4 42
4. EVİRİCİLER VE EVİRİCİ ÇEŞİTLERİ 42
4.1. Eviricilerin Genel Tanımı, Çalışması ve Kullanım Alanları 42
4.2. Gerilim Kaynaklı Eviriciler 43
4.3. Akım Kaynaklı Eviriciler 46
4.4. Çok Katlı Eviriciler 46
UYGULAMA FAALİYETİ 48
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 50
ÖĞRENME FAALİYETİ–5 51
5. EVİRİCİDE KULLANILAN ANAHTARLAMA ELEMANLARININ SEÇİMİ 51
5.1. Tristör Seçimi 51

5.2. MOSFET Seçimi 53
5.3. IGBT Seçimi 54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 57
ÖĞRENME FAALİYETİ–6 58
6. DOĞRULTUCU VE EVİRİCİ KONTROL YÖNTEMLERİ 58
6.1. PWM Kontrol Tekniği 58
6.2. Gerilim Kontrollü PWM 60
6.3. Akım Kontrollü PWM 63
UYGULAMA FAALİYETİ 64
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 67
MODÜL DEĞERLENDİRME 68
CEVAP ANAHTARLARI 70
KAYNAKÇA 72

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Alan Ortak**
MODÜLÜN ADI	**Doğrultucu ve Evirici Devreleri**
MODÜLÜN TANIMI	Elektronikte kullanılan dönüştürücü ve evirici devreleri ile ilgili bilgi veren öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Doğrultucu ve evirici devrelerini kurmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, doğrultucu ve evirici devre elemanlarını tanıyacak, katalog bilgilerine uygun olarak elektronik devrelerde kullanabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Doğrultucu devre çeşitlerini bileceksiniz. **2.** Doğrultucu devre hesaplamalarını yapabileceksiniz. **3.** Doğrultucu devre elemanlarının seçimini yapabileceksiniz. **4.** Eviricileri ve evirici çeşitlerini bileceksiniz. **5.** Eviricide kullanılan anahtarlama elemanlarının seçimini yapabileceksiniz. **6.** Doğrultucu ve evirici kontrol yöntemlerini bileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Elektronik malzemelerle donatılmış elektrik ve elektronik laboratuvarı, endüstriyel elektronik laboratuvarı, işletme ortamı **Donanım:** Projeksiyon, bilgisayar, ölçü aletleri, osiloskop, sinyal jeneratörü, DA güç kaynağı, elektronik devre elemanları, LRC metre, devre kurmak için breadboard, zil teli, değişik kataloglar, malzeme çantası
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin yüke ve şebekeye aktarılmasının en önemli koşullarından biri de bu enerjinin düzgün olmasıdır. Bununla birlikte üretilen enerjinin verimli bir şekilde iletilmesi ve kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bu modülle temel dönüştürücü ve evirici devreleri tanımış olacaksınız. Bu modülde işlenen konuları iyi öğrenmek ileride size temel bir alt yapı kazandıracaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Doğru akımı farklı seviyelere dönüştüren DA-DA dönüştürücü devrelerini tanıyacak bunlarla temel devreleri tasarlayıp uygulama yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yenilenebilir enerji sistemlerinde dönüştürücülerin kullanım alanlarını araştırınız.
- Dönüştürücü çeşitlerini araştırınız.

1. DOĞRULTUCU DEVRE ÇEŞİTLERİ

Girişindeki doğru akım seviyesini başka bir doğru akım seviyesine dönüştüren sistemlerdir. Yapılarında pasif devre elemanları bulunduran ve devredeki kayıplar ihmal edildiği düşünüldüğünde enerji dönüşüm işlemini kayıpsız olarak yapar. Uygulamada dönüştürücülerin verimleri %80 ile %95 arasında değişmektedir.

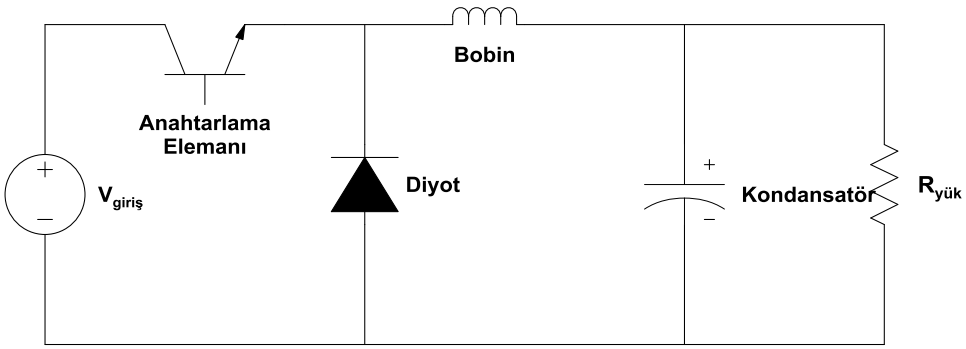
DA-DA dönüştürücüler yapısal olarak izoleli ve izolesiz olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Her iki grupta da değişik güçlerdeki düşürücü (buck) ve yükseltici (boost) ya da her iki işlemi birlikte yapan düşürücü-yükseltici (buck-boost) yapıları görmek mümkündür.

Çalışma koşullarına göre DA-DA dönüştürücüler, sürekli çalışma modlu ve kesintili çalışma modlu olmak üzere iki şekilde çalışır. Düşürücü (buck) ve yükseltici (boost) ve düşürücü-yükseltici (buck-boost) dönüştürücülerin bobin değeri(endüktans değeri) kritik değerden büyük olduğunda sürekli çalışma ve bobin değeri kritik değerden küçük olduğunda kesintili çalışma modunda çalışır.

1.1. Düşürücü Dönüştürücüler (Buck)

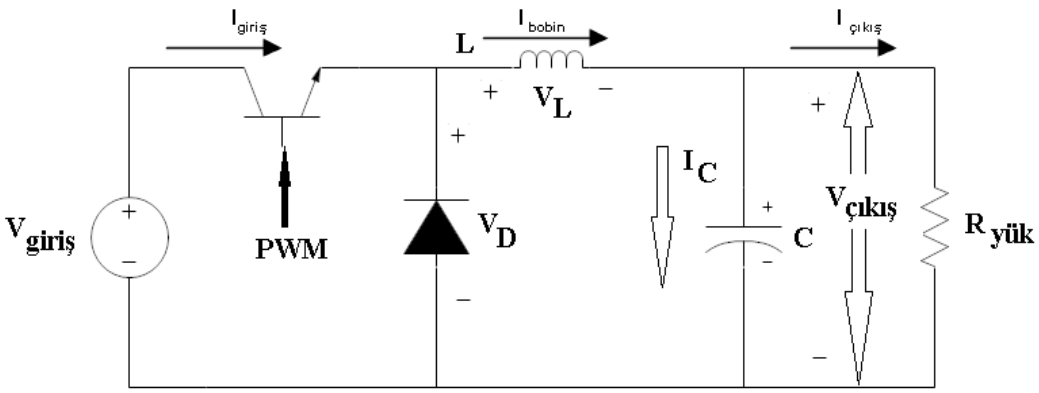
Düşürücü dönüştürücü girişindeki doğru gerilimi daha düşük bir doğru gerilim seviyesine düşürerek çıkışına aktaran sistemlerdir. Şekil 1.1'de temel düşürücü dönüştürücü devresi verilmiştir. Düşürücü dönüştürücü devresi bir kondansatör, bir bobin, bir anahtarlama elemanı ve bir diyottan meydana gelmektedir. Anahtarlama elemanı iletimde iken diyot kesimde olmaktadır. Anahtarlama elemanı Darbe Genişlik Modülasyonunun (PWM) anahtarlama frekansı oranına göre açılıp kapatılır. Çıkış gerilimi giriş geriliminden daha düşük ola-

cak şekilde ayarlanmış bir gerilim olmaktadır. Temel devredeki anahtarlama elemanının iletimde ve kesimde olduğu anlarda yüke enerji aktarılmaktadır.

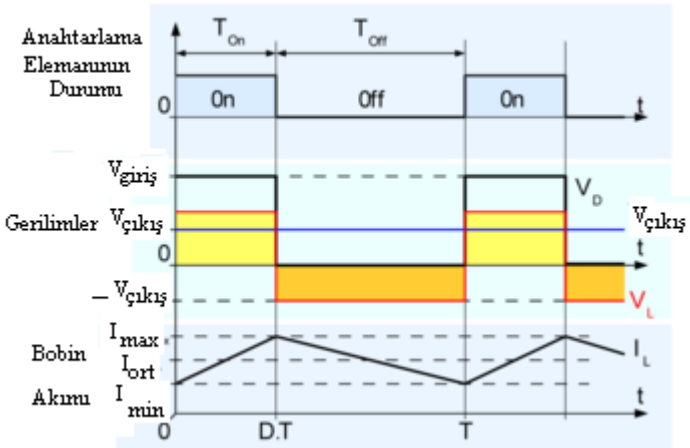


Şekil 1.1: Temel düşürücü dönüştürücü devresi

Anahtarın iletimde olduğu anda IL akımı L bobini üzerinden çıkışı besler. Ancak bu sırada geçen akımla orantılı olarak bobinde bir enerji depolanır. D diyotu ise ters polaritededir. Anahtar kesimde iken L bobini üzerindeki enerji yük ve D diyotu üzerinden devresini tamamlayacaktır. Böylece çıkışta enerji sürekliliği sağlanacaktır. Bobin depolama kapasitesine göre çıkış akımı sürekli ya da süreksiz formda olabilir. Devredeki C kapasitesi ise çıkış gerilimini süzme görevini üstlenir. Çıkış kondansatöründen çekilen akım küçüktür. Ancak güç anahtarı (anahtarlama elemanı) bozulmalarında (kısa devre) girişteki yüksek gerilim seviyesi aynen çıkışta görülür. Bu da kritik yükler için tehlikeli olabilir. Çıkış gerilimi anahtarın iletimde ya da kesimde olma süresi ile doğrusal ilişkilidir. Anahtarlama elemanının iletimde kalma süresinin periyot süresine oranına görev oranı (Duty cycle) denir ve "D" harfi ile gösterilmektedir.



Şekil 1.2: Düşürücü dönüştürücü devresi



Şekil 1.3: Düşürücü dönüştürücünün sürekli iletim modunda çalışma dalga şekilleri

Şekil 1.3.'te görüldüğü gibi bobinden geçen akımın anahtarın iletim anındaki T_{on} süresi sonunda maksimuma ulaşırken, anahtar kesimde anındaki T_{off} süresi sonunda da minimum değerine ulaşmaktadır. Daga şeklinden de anlaşılacağı gibi bobin akımı sıfır olmamaktadır. Bu tür çalışmaya sürekli iletim modunda çalışma denir. Bunun sağlanması içinde bobin değeri uygun olarak seçillir. Bobin akımı sıfıra ulaşıldığı durumlarda sözkonusudur. Bu tür çalışmaya ise kesintili iletim modunda çalışma denir. Düşürücü dönüştürücünün giriş ve çıkışındaki gerilimlerin değerleri anahtarın iletimde kalma süresine denir. Biz buna görev (D) oranı denir. Buna göre anahtarın iletimde iken bobin üzeindeki gerilim ile anahtar kesimde iken bobin üzerindeki gerlimlerin cebirsel toplamı sıfır olmaktadır. Bu durumda giriş ve çıkış gerilimleri D görev oranına bağlı olarak yazıldığında aşağıdaki ifade elde edilmiş olur. Bu durumda çıkış gerlimi, D değeri 1'den küçük bir değer alacağı için her zaman giriş geriliminden düşük sevide olacaktır.

$$(V_{giriş} - V_{çıkı}).D.T - V_{çıkı}(1-D).T = 0$$

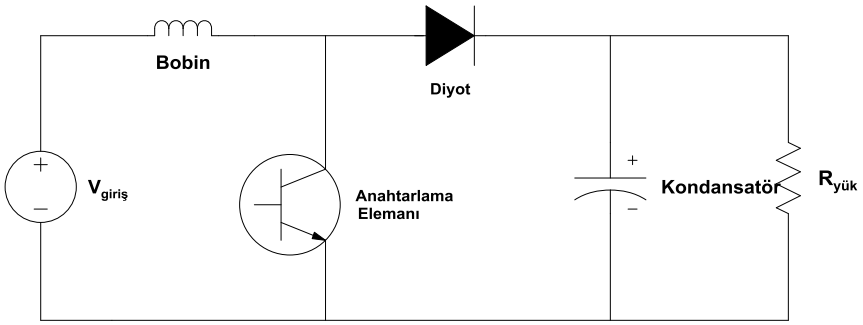
$$V_{çıkı} - D.V_{giriş} = 0$$

$$D = \frac{V_{çıkı}}{V_{giriş}} \qquad \textbf{(1.1)}$$

1.2. Yükseltici Dönüştürücüler (Boost)

Yükseltici dönüştürücü girişindeki doğru gerilimi daha yüksek bir doğru gerilim seviyesine yükselterek çıkışına aktaran sistemlerdir. Şekil 1.3'te temel devre şekli verilmiştir. Anahtar iletime geçtiğinde kaynak gerilimi bobin ve anahtar üzerinden devresini tamamlar. Bu sırada bobin üzerinde bir miktar enerji depolar. Bu sırada D diyotu ters polaritede olup, çıkıştaki yükü C kondansatörü besler. Kondansatörün akımı yüksek değerlerdedir. Anahtar

kesime geçtiği anda kaynak gerilimi ile bobin üzerindeki gerilimin toplamı kadar bir gerilim çıkışta görülür. Bu devrelerde kaynaktan sürekli akım çekilir.



Şekil 1.4: Temel yükseltici dönüştürücü devresi

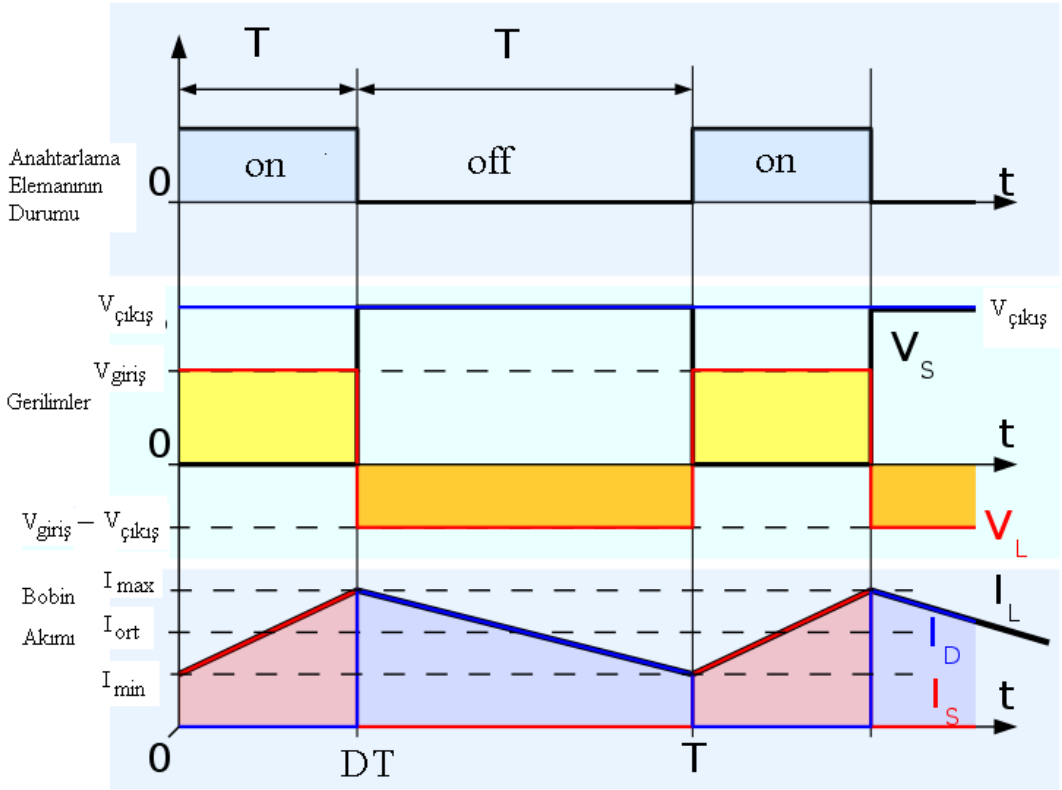
Şekil 1.3'te gösterilen anahtarlama elemanı iletimde olduğu zaman, bobin doğru akım kaynağının uçlarına direk bağlanmış durumdadır. Böylece $V_{çıkış} = V_{giris}$ dir. Anahtarlama elemanı kesimde ve diyot iletime geçtiğinde bobin yüke bağlanmış durumuna geçmektedir. Bu durumda bobinin uçlarındaki gerilim ise $V_L = V_{giris} - V_{çıkış}$ olmaktadır. Bu durumda yükseltici dönüştürücünün sürekli iletim modundaki görev oranı;

$$D = 1 - \frac{V_{Giriş}}{V_{Çıkı}} \quad \textbf{(1.2)}$$

olacaktır. Dönüştürücünün giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki görev oranı;

$$\frac{V_{Çıkı}}{V_{Giriş}} = \frac{1}{1-D} \quad \textbf{(1.3)}$$

olacaktır. Şekil 1.5'te yükseltici dönüştürücünün sürekli iletim modundaki çalışmasına ait dalga şekilleri görülmektedir. Burada Denklem 1.3'ten de anlaşılacağı gibi görev oranına bağlı olarak dönüştürücümüzün çıkış gerilimi her zaman giriş geriliminden daha büyük olacaktır. Dolayısıyla giriş gerilimimiz çıkışta yükseltilmiş olacaktır.

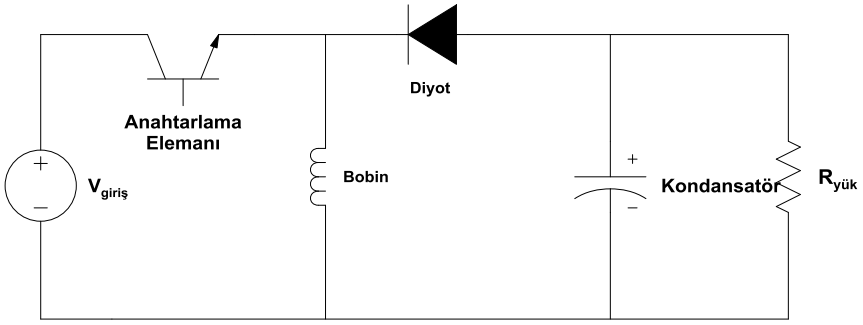


Şekil 1.5: Yükseltici dönüştürücünün sürekli iletim modunda çalışma dalga şekilleri

1.3. Düşürücü-Yükseltici Dönüştürücüler (Buck-Boost)

Düşürücü-yükseltici dönüştürücüler giriş gerilim değerinden daha büyük veya daha küçük bir çıkış gerilimi değerini sağlama özelliklerine sahiptir. Bu dönüştürücülerde çıkış gerilimin işareti giriş gerilimi işaretinin zıttı olmaktadır. Düşürücü-yükseltici dönüştürücünün temel devre şeması Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Anahtarlama elemanı iletim durumunda iken bobin uçlarındaki gerilim yükseltici dönüştürücüde olduğu gibi giriş gerilimine eşit olacaktır. Anahtarlama elemanı kesimde olduğu zaman diliminde ise bobinin gerilimi çıkış gerilimine eşit fakat ters işaretli (- $V_{çıkış}$) olacaktır. Bu durumda sürekli iletim modunda çalışan bir düşürücü-yükseltici dönüştürücünün görev oranı;

$$D = \frac{V_{çıkı}}{V_{çıkı} + V_{giriş}} \quad \textbf{(1.4)}$$



Şekil 1.6: Temel yükseltici-düşürücü dönüştürücü devresi

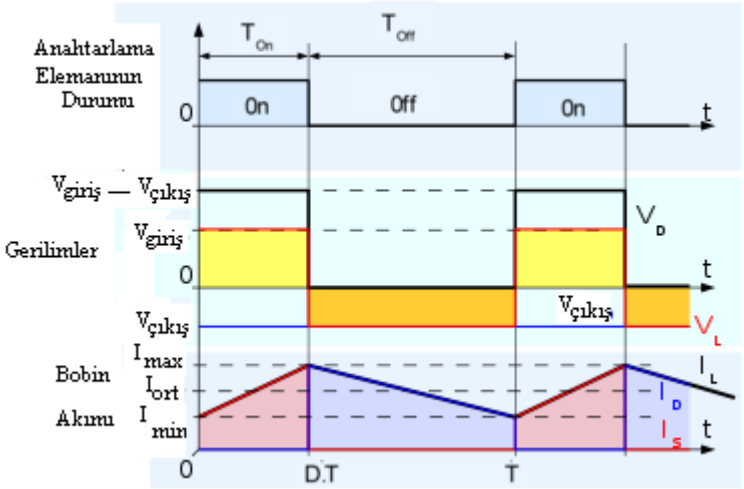
Denklem 1.4'te verilen ifade düzenlenirse;

$$\frac{V_{çıkı}}{V_{giriş}} = \frac{D}{1-D} \quad \textbf{(1.5)}$$

elde edilmiş olur. Bu tip dönüştürücülerde Denklem 1.5'ten de anlaşılacağı gibi dönüştürücünün görev oranı D'nin değeri çalışma şeklini belirlemiş olacaktır. Görev oranı D'nin alacağı değere göre ortaya çıkacak durumları sıralarsak;

- Eğer görev oranı 0.5 ten küçük bir değerde olursa, çıkış gerilimi giriş geriliminden daha düşük bir değerde olacaktır.
- Eğer görev oranı 0.5 ten daha büyük olursa, çıkış gerilimi giriş geriliminden daha büyük bir değerde olacaktır.
- Eğer görev oranı tam olarak 0.5'e eşit olursa, çıkış gerilimi ile giriş gerilimi bir birine eşit değerde fakat birbirlerine zıt polaritede olacaklardır.

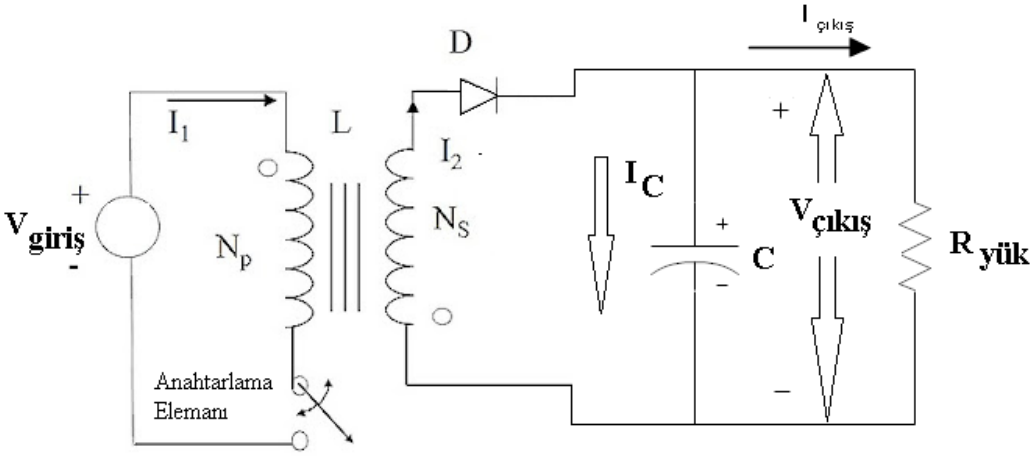
Yükseltici-düşürücü dönüştürücüye ait dalga şekilleri Şekil 1.7'de verilmiştir.



Şekil 1.7: Düşürücü-yükseltici dönüştürücünün sürekli iletim modunda çalışma dalga şekilleri

1.4. Flyback Dönüştürücüler (Geri Dönüşlü)

Düşürücü-yükseltici dönüştürücünün izoleli bir türü olan flyback dönüştürücüler de bobin yerine sadece bir trafo kullanılmaktadır. Primer ve sekonderi hiçbir zaman aynı anda çalışmayan bu trafoya çoğunlukla manyetik kuplajlı endüktans denir. Bu dönüştürücüler en basit, en az elemanlı, en ucuz ve en pratik izoleli dönüştürücüler olarak bilinir. Bu tür dönüştürücülerde trafo kullanımındaki aşırı sınırlamalar (maliyet, ağırlık, fiziksel büyüklükler vb.) nedeniyle genellikle 50 Wat'tan başlayarak 100 Watt'a kadar uygulama alanı bulur. Bununla beraber televizyon ve bilgisayar monitörleri gibi yüksek gerilim güç kaynaklarında da kullanılmaktadır. Şekil 1.8'de Flayback dönüştürücünün temel devre şeması verilmiştir.

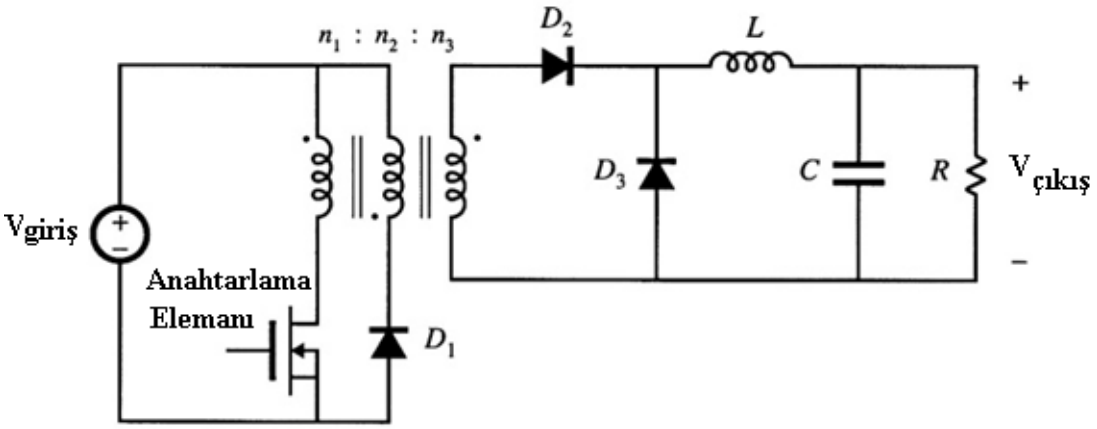


Şekil 1.8: Temel flyback (geri dönüşlü) dönüştürücü devresi

1.5. Forward Dönüştürücüler (İleri Yönlü)

Forward (ileri yönlü) dönüştürücü Şekil 1.9'da gösterilmiştir. Transaformatör izalasyonlu bu dönüştürücü temelde düşürücü dönüştürücüye dayanmaktadır. Tek bir transformatöre ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden yarım-köprü ve tam-köprü yapılarında sık rastlanılandan daha düşük güç seviyelerindeki uygulamalarda kullanılmaktadır. Diğer düşürücü dönüştürücü türevi olan bu tür dönüştürücülerdeki dalgalanmasız çıkış akımı, ileri yönlü dönüştürücüyü yüksek çıkış akımı içeren uygulamalar için uygun hale getirmektedir. Maksimum D görev oranı değeri sınırlıdır; yaygın olarak kullanılan $n_1=n_2$ için görev oranı $0 \leq D \leq 0.5$ aralığında sınırlandırılmıştır.

Forward dönüştürücüler ortası sıfırlanmamış sargılara ihtiyaç duymaktadır. Trafo kullanımındaki kısıtlamalar bu türdeki dönüştürücüler için de geçerli olmaktadır ve genellikle 100 Watt ile 500 Watt arasındaki uygulamalarda kullanılmaktadır.

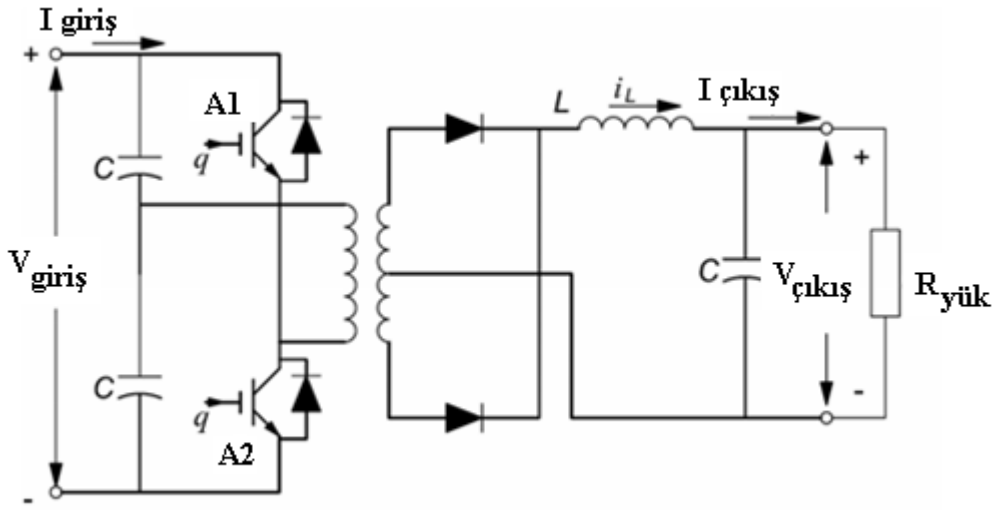


Şekil 1.9: Temel forward (ileri yönlü) dönüştürücü devresi

1.6. Yarım Köprü Dönüştürücüler

Sekonderi orta uçlu bir trafo ile iki fazlı yarım dalga kontrolsüz doğrultucudan oluşmaktadır. Şekil 1.10' da temel yarım köprü dönüştürücü devresi görülmektedir. A1 ve A2 anahtarları sıralı olarak açılıp kapanır. Kapasiteler giriş gerilimini ikiye bölmektedir. Anahtarlarların ortak referans noktaları olmadığından anahtarlama elemanlarını tetiklemek için kullanılacak sürücü devreleri için ayrı kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca sürme esnasında kısa devreye sebep olmamak için iki anahtar hiçbir zaman aynı anda iletimde olmamalıdır. Bu dönüştürücülerde görev oranı D'ye ve trafo dönüştürme oranı olan N'ye bağlı olarak giriş ve çıkış arasındaki bağıntı Denklem 1.6'da verildiği gibidir.

$$V_{çıkı} = \frac{V_{giriş.}D}{N} \qquad (1.6)$$

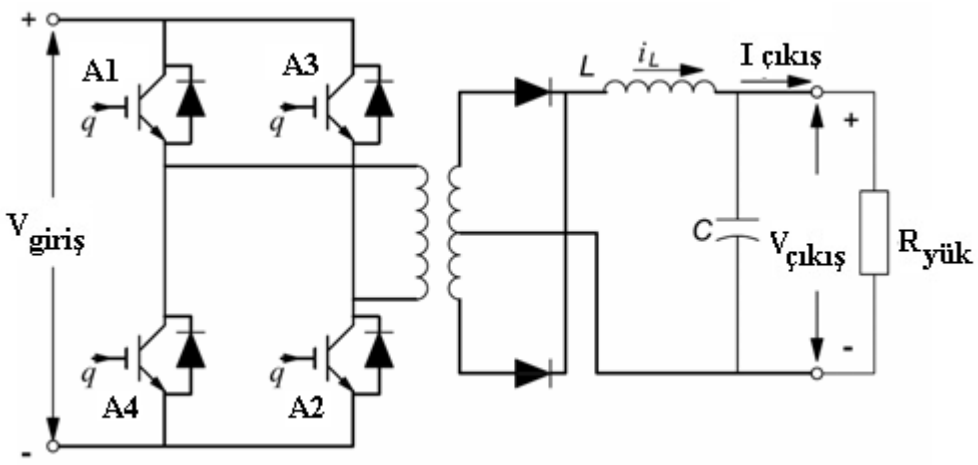


Şekil 1.10: Yarım köprü dönüştürücü devresi

1.7. Tam Köprü Dönüştürücüler

Tam köprü dönüştürücüler yapılarında fazla eleman bulundurdukları için genellikle küçük güçlerde genellikle kullanılmaz. Bu tür izloleli dönüştürücülere inverterli dönüştürücüler de denmektedir. Çalışma esnasında A1, A2 anahtarlama elemanları iletimdeyken, A3 ve A4 anahtarlama elemanları kesimdedir. Anahtarlar, çift çift halinde sırayla iletime ve kesime gider. Aynı kol üzerindeki anahtarlar aynı anda iletime sokulmamalıdır. Bu dönüştürücülerde görev oranı D'ye ve trafo dönüştürme oranı olan N'ye bağlı olarak giriş ve çıkış arasındaki bağıntı Denklem 1.7'de verildiği gibidir. Tam köprü dönüştürücü devre şeması Şekil 1.11'de verilmiştir.

$$V_{çıkı} = \frac{2.V_{giriş.}D}{N} \qquad (1.7)$$

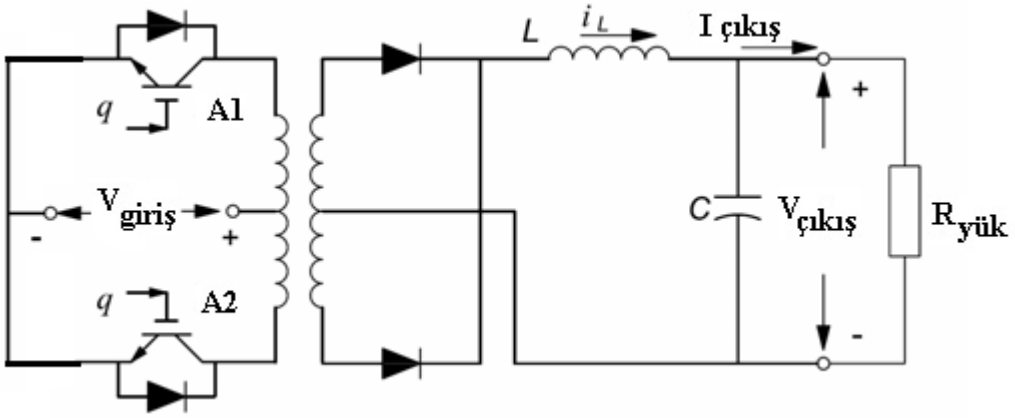


Şekil 1.11: Tam köprü dönüştürücü devresi

1.8. Push-Pull Dönüştürücüler

İzoleli dönüştürücüler grubunda yer alan bu tip dönüştürücüler genellikle yüksek güçlerde kullanılmaktadır. A1 ve A2 anahtarlama elemanları sırası ile açılıp kapanmaktadır. Push-Pull dönüştürücü devre şeması Şekil 1.12'de verilmiştir. Bu durumda sekonder tarafı anahtarlama frekansının iki katı bir çalışma frekansı ile çalışmış olur. İki anahtarın arasında ölü zaman bırakılmamalıdır. Yanı anahtarın biri kesime girdiği anda ikincisi iletime geçmelidir. Bu dönüştürücülerde görev oranı D'ye ve trafo dönüştürme oranı olan N'ye bağlı olarak giriş ve çıkış arasındaki bağıntı Denklem 1.8'de verildiği gibidir.

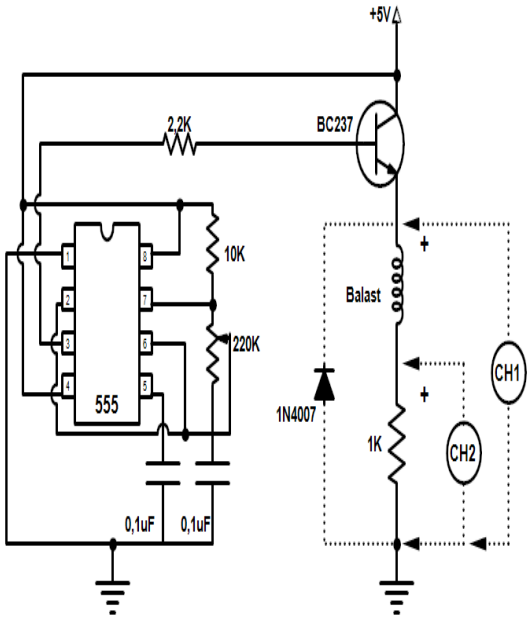
$$V_{çıkı} = \frac{2.V_{giriş}.D}{N} \qquad (1.8)$$



Şekil 1.12: Push-Pull dönüştürücü devresi

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki dönüştürücü devresini board üzerinde kurunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ 555 entegresini boarda yerleştiriniz.	➢ Entegre uçlarını belirleyiniz.
➢ Anahtarlama elemanının bağlantısını yapınız.	➢ Bacak uçlarına dikkat ediniz.
➢ Kondansatör ve diren bağlantılarını yapınız.	➢ Kondansatörleri LRC metre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
➢ Balast bağlantısını yapınız.	➢ Temas kontrolü yapınız.
➢ Osilaskop kanal uçlarını bağlayarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.	➢ Osilaskop ayarlarını yaparak kanal bağlantılarında öğretmeninizden yardım isteyiniz. Ölçü aleti ile çıkış akım ve gerilimlerini ölçebilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Entegre uçlarını tesbit edebildiniz mi?		
2. Elemanların sağlamlık kontrolünü yapabildiniz mi?		
3. Anahtarlama elemanının bacak uçlarını tespit edebildiniz mi?		
4. Osilaskop bağlantısını yapabildiniz mi?		
5. Osilaskop ekranından devrenin çalışmasını kontrol edebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. DA-DA dönüştürücüler yapısal olarak ……. ve …… olmak üzere iki ana grupta incelenebilir.

2. Çalışma koşullarına göre DA-DA dönüştürücüleri …….. çalışma modlu ve ……. çalışma modlu olmak üzere iki şekilde çalışır.

3. …… dönüştürücü girişindeki doğru gerilimi daha düşük bir doğru gerilim seviyesine düşürerek çıkışına aktaran sistemlerdir.

4. Düşürücü dönüştürücü devresi bir ……., bir ……., bir ……. ……. ve bir ……. meydana gelmektedir.

5. Yükseltici dönüştürücü girişindeki doğru gerilimi ……. bir doğru gerilim seviyesine …… çıkışına aktaran sistemlerdir.

6. Düşürücü-yükseltici dönüştürücülerde görev oranı 0.5'ten küçük bir değerde olursa, çıkış gerilimi giriş geriliminden daha ……. bir değerde olacaktır.

7. Düşürücü-yükseltici dönüştürücülerde görev oranı 0.5'ten daha büyük olursa, çıkış gerilimi giriş geriliminden daha ……. bir değerde olacaktır.

8. Flyback dönüştürücülerde kullanılan trafoya çoğunlukla …… denir.

9. ……. dönüştürücüler en basit, en az elemanlı, en ucuz ve en pratik izoleli dönüştürücüler olarak bilinir.

10. Flyback dönüştürücüler, genellikle …….. Wat'tan başlayarak …….. Watt'a kadar uygulama alanı bulur.

11. Forward tipi dönüştürücü …….. ihtiyaç duymaktadır, bu yüzden daha düşük güç seviyelerindeki uygulamalarda kullanılmaktadır.

12. Forward dönüştürücüler …… sargılara ihtiyaç duymaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Doğrultucu devre elemanlarının hesaplamalarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Dönüştürücülerde bobin ve kondansatör kullanılanım amaçlarını araştırınız.
- Anahtarlama elemanlarının görev oranı ile ilişkisini araştırınız.
- Periyot, frekans, iletimde olma ve kesime gitme gibi kavramları araştırınız.

2. DOĞRULTUCU DEVRE HESAPLAMALARINI YAPMAK

2.1. Bobin Hesabını Yapmak

Doğru akım dönüştürücülerde enerji aktarımı endüktansa bağlıdır. Prensip olarak, iletim esnasında doğru akım kaynağından bobine aktarılan enerji kesim esnasında çıkışa aktarılmaktadır. İzalasyonsuz olan temel dönüştürücülerin kontrolü genellikle DA-PWM ile yapılmakta böylece kaynaktan bobine ve bobinden çıkışa aktarılacak enerji süresi belirlenmektedir.

2.1.1. Düşürücü Dönüştürücüde Bobin Hesabı

Düşürücü dönüştürücülerde bobine enerji aktarımı anahtarlama elemanı iletimdeyken çıkışla birlikte aynı anda gerçekleşmektedir. Buna iletim süresi denir ve bir periyottaki iletim süresi t_{on} ile gösterilir. Bu süre zarfında bobinden geçen düzgün şekilde akım artarak endüktansın enerji seviyesini arttırır. Anahtarlama elemanı kesimde iken bobinde biriken enerji çıkışı beslemeyi sürdürür ve bobinin enerjisi düzgün bir şekilde azalmaya başlar. Anahtarlama elemanının kesimde oldğu süreye kesimde olma süresi denir ve bir periyottaki kesimde olma süresi t_{off} ile gösterilir. Bu durumda;

0 ve t_{on} aralığında bobin gerilimi V_{L1};

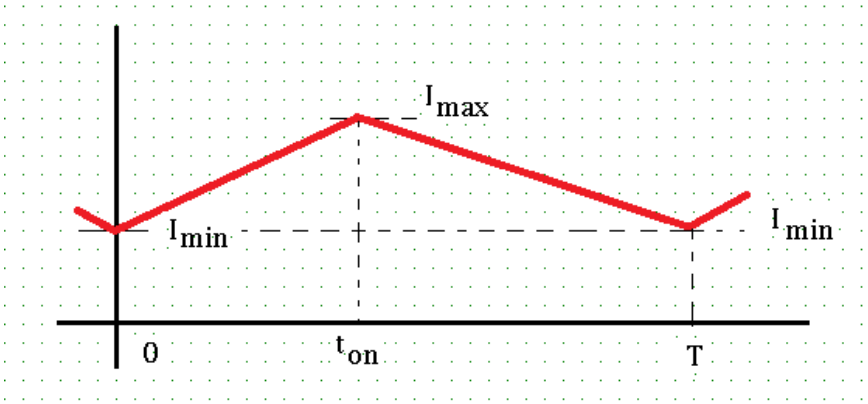
$$V_{L1} = V_{giriş} - V_{çıkı} \qquad (2.1)$$

t_{on} dan T zamanına kadarki t_{off} süresinde bobin gerilimi V_{L2};

$$V_{L2} = -V_0 \qquad (2.2)$$

olacaktır. Bobinden bir periyotta geçen anlık akımın şekli Şekil 2.1'deki gibi olacaktır. Sürekli iletim modondaki çalışmada bobin akımının sıfıra düşmesi istenmediği için anahtar-

lama elemanı kesimde iken bobinde depolanan enerji sıfıra düşmeyecek büyüklükte bobin seçilmektedir.



Şekil 2.1: Bobinden geçen anlık akım dalga şekli

Sadece bobinin ortalama akımı yük üzerinden aktığı için bobin akımının doğru akım kısmı yük akımı olarak tanımlanır. Ortalama değer, bobin akım eğrisinin altında kalan üçgen ve dikdörtgen bölgenin alanından hesaplanır. Eğrinin altındaki toplam alan

$$A = TI_{\min} + \frac{1}{2}T(I_{\max} - I_{\min}) \qquad (2.3)$$

Denklem 8. i T periyot sonundaki ortalama değerini yazarsak;

$$I_{ort} = \frac{1}{2}(I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min} \qquad (2.4)$$

şeklinde olacaktır.

$t = t_{on}$ anındaki en yüksek akım değerini yazarsak;

$$I_{\max} = \frac{V_{giriş} - V_{çıkı}}{L} t_{on} + I_{\min} \qquad (2.5)$$

I_{max} değerini Denklem 2.4'te yerine yazarsak ortalama değerimiz;

$$I_{ort} = \frac{V_{giriş} - V_{çıkı}}{2L} t_{on} + I_{\min} \qquad (2.6)$$

elde ederiz. $f = 1/T$ ve $D = t_{on}/T * V_{giriş}$ denklemlerinden iletim zamanını elde edecek olursak;

$$t_{on} = \frac{D}{f} \qquad (2.7)$$

olur.

Elde ettiğimiz t_{on} denklemini Denklem 2.6'da yerine yazarsak bobinin ortalama akımını; görev oranı D ve PWM anahtarlama frekansı bazında elde etmiş oluruz.

$$I_{ort} = \frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})}{2Lf} + I_{\min} \qquad (2.8)$$

Daha önce de ifade ettiğimiz gibi $i_L(t)$ nin yalnızca ortalama değeri yük direncinden akmaktadır. Sonuç olarak da ortalama bobin akımı aynı zamanda çıkış akımıdır.

$$I_0 = I_{ort} = \frac{V_{çıkı}}{R} \qquad (2.9)$$

dir. Bulduğumuz bu denklemi Denklem 2.8'de yük akımı yerine yazarsak;

$$\frac{V_{çıkı}}{R} = \frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})}{2Lf} + I_{\min} \qquad (2.10)$$

olacak ve buradan bobin değerini çekersek;

$$L = \frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})R}{2f(V_{çıkı} - I_{\min}R)} \qquad (2.11)$$

olarak elde ederiz. Sürekli iletim modundaki (SİM) çalışma için gerekli olan minimum bobin değeri (L), $I_{min} = 0$ ifadesinde

$$L_{sim} = \frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})R}{2fV_{çıkı}} \qquad (2.12)$$

olacaktır.

2.1.2. Yükseltici Dönüştürücüde Bobin Hesabı

Denklem 2.12'de bobin akımı sıfır yapan minimum $L_{SİM}$ değerini hesaplatmaktadır. Pratikte SİM çalışmayı sağlamak için; I_{min} nin pozitif değerini garanti altına almak ve bir çalışma hatasına sebep olmamak için daha Denklem 2.12'de hesaplanan değerden daha büyük bir endüktans seçilir.

Benzer şekilde yükseltici dönüştürücü için yaparsak bobin akımının Şekil 2.1 'de gösterilen dalga şeklindeki üçgen bölgesi ile dikdörtgen bölgesinin alanlarının toplamı;

$$A = \frac{1}{2}T\left(\frac{DV_{giriş}}{Lf}\right) + TI_{\min} \qquad (2.13)$$

hesaplanır. Ortalama bobin akımı Denklem 2.13'te gösterilen PWM anahtarlama periyodundan ifade edilen bölgenin oranıdır.

$$I_{ort} = \left(\frac{DV_{giriş}}{2Lf} \right) + I_{\min} \tag{2.14}$$

Ortalama bobin akımı ürünü ve yük bağlantalı görev oranının yük akımındaki sonucu;

$$I_o = \frac{D(1-D)V_{giriş}}{2Lf} + (1-D)I_{\min} \tag{2.15}$$

olacaktır. I_{min} = 0 da SIM için gerekli olan minimum L degeri;

$$L_{sim} = \frac{D(1-D)V_{giriş}R}{2fV_{çıkı}} \tag{2.16}$$

2.2. Kondansatör Hesabı Yapmak

Düşürücü dönüştürücünün sürekli iletim modunda (SİM) kondansatör kapasitesi hesaplanırken, bobin akımının analizi sonsuz kapasite varsayımına dayanmaktadır. Bu özellik dalgalı gerilim olarak bilinen değişken yük geriliminin müsaade edilen tipik bir maksimum noktadan maksimum noktaya (peak to peak) olan sınırlarıdır. Dalgalı kondansatör gerilimi, kondansatör gerilimi ve kondansatörün şarj dengesi prensibinin analizi ile elde edilir.

Sürekli iletim modunda çalışan kondansatör akımı daha önce de belirttiğimiz gibi kondansatör akımı bobin akımının tüm harmoniklerinin toplamıdır. Bu da, anlık bobin akımından ortalama akım değerinin çıkarılması ile elde edilir.

$$i_{C1}(t) = \frac{V_{giriş} - V_{çıkı}}{L} t + I_{\min} - I_0 \ , \quad 0 \le t \le t_{on} \tag{2.17}$$

Ve

$$i_{C2}(t) = \frac{V_{çıkı}}{L}(T-t) + I_{\min} - I_0 \quad t_{on} \le t \le T \tag{2.18}$$

f=1/T denklemi ile kondansatörün akım denklemi yeniden formüle edersek;

$$i_{C1}(t) = \frac{V_{giriş} - V_{çıkı}}{L} \left[t - \frac{D}{2f} \right] \tag{2.19}$$

Ve

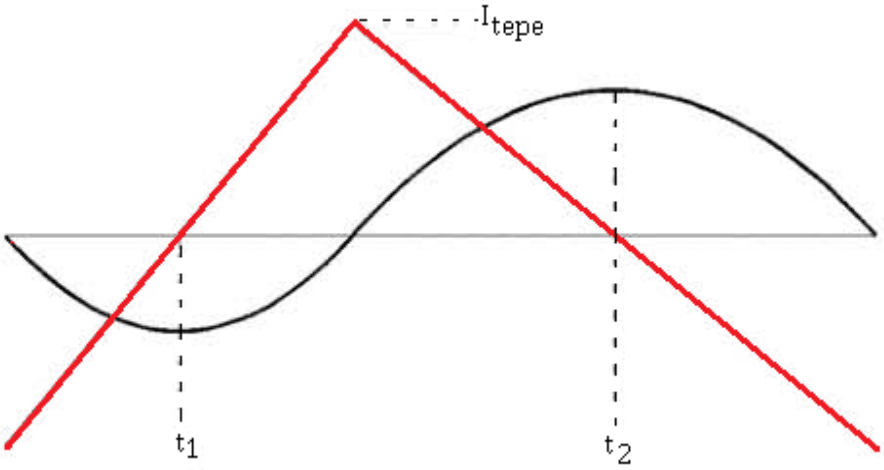
$$i_{C2}(t) = \frac{V_{çıkı}}{L} \left[\frac{1+D}{2f} - t \right] \tag{2.20}$$

denklemleri yazılmış olacaktır. 2.19. Ve 2.20. Denklemleri $i_C = 0$ iken t için çözülürse (kondansatörün sıfır geçiş noktasında)

$$t_1 = \frac{D}{2f} \tag{2.21}$$

$$t_2 = \frac{1+D}{2f} \tag{2.22}$$

elde edilir. Bu sıfır geçiş noktaları, kondansatör akımının pozitif olduğu esnadaki zaman aralığını tanımlamaktadır ve böylece kondansatör şarj edilmektedir. Şarj-denge prensibine göre bir periyotluk döngü esnasında biriktirilen şarj aynı döngü içerisinde dağıtılan şarja veya deşarja eşit olmalıdır. Diğer bir ifade ile kondansatör her bir periyotta şarj edildiği miktar kadar deşarj edilmelidir. Şarj biriktirme t_1 zamanında başlar ve t_2 zamanına kadar devam eder. Bu durumda kondansatör akımı tekrar sıfır olur. Zaman içinde bu noktalar aynı zamanda kondansatör geriliminin minimum t_1 ve maksimum t_2 noktalarına rastlar. Kondansatör dalgalanma gerilimi, Şekil 2.2'de kondansatör akımı referansında bir periyot üzerinde çizilmiştir.



Şekil 2.2: Kondansatör akımı ve dalgalanma gerilimi

SİM Dalgalanma Gerilimi; kondansatörün dalgalanma gerilimi, kondansatörün maksimum ve minimum gerilimleri arasındaki fark olarak tanımlanır.

$$\Delta V_{çıkı} = v_{\max} - v_{\min} \tag{2.23}$$

Lineer bir kondansatör için bu gerilim farkı iki gerilim seviyesi arasında şarj biriktirme miktarına karşılık gelir.

$$\Delta Q = C\Delta V_{çıkı} \tag{2.24}$$

Toplam biriktirilmiş şarj, aynı zamanda $t_2 - t_1$ aralığı üzerindeki kondansatör akımının integralidir. İntegrasyon sonucu $i_C(t)$ altındaki bölge ile gösterilir. Bu bölge $t_2 - t_1$ tabanlı ve I_{MAX} (I_{tepe}) yüksekliğindeki üçgen bölgenin alanı olarak kolayca hesaplanır.

$$\Delta Q = \frac{1}{2}(t_2 - t_1)I_{tepe} \tag{2.25}$$

Maksimum kondansatör akımı;

$$I_{tepe} = \frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})}{2Lf} \tag{2.26}$$

Denklem 2.22, 2.23, 2.25, ve 2.26 ile biriktirilmiş şarj;

$$\Delta Q = \frac{1}{2}\frac{1}{2f}\frac{D(V_{giriş} - V_{çıkı})}{2Lf} = \frac{V_{çıkı}(1-D)}{8Lf^2} \tag{2.27}$$

olacaktır. Denklem 2.24 ve 2.27 ten dalgalanma gerilim ifadesi;

$$\Delta V_{çıkı} = \frac{V_{çıkı}(1-D)}{8Lf^2} \tag{2.28}$$

olarak elde edilir. Dalgalanma gerilim belirtisi tipik olarak çıkış geriliminin içerik yüzdesi veya bir parçası olarak belirtilir.

$$r = \frac{\Delta V_{çıkı}}{V_{çıkı}} \tag{2.29}$$

Denklem 2.29'u, Denklem 2.28'de yazarsak, SİM kondansatör için 2.28. Denklemin çözümü:

$$C = \frac{(1-D)}{8rLf^2} \tag{2.30}$$

olacaktır. Kondansatör hesabı bütün çalışma koşullarında dalgalanma belirtileri ile karşılaşma için beklenen en düşük görev oranına dayandırılmalıdır.

2.3. Çalışma Görev Oranı Hesabı Yapmak

Görev oranı D ile gösterilir. D ile gösterilmesinin sebebi ise İngilizce karşılığı olan Duty-cycle'den gelmesidir. Dönüştürücü oranının değerini dönüştürücülerin giriş ve çıkış değerleri arasındaki oran olarak da özetlenebilir. Düşürücü dönüştürücü de görev oranı f= 1/T ve $D = t_{on}/T * V_{giriş}$ denklemlerinden iletim zamanını elde edecek olursak;

$$t_{on} = \frac{D}{f} \qquad (2.31)$$

olacaktır. Burada f anahtarlama elemanının frekansını (yani 1 saniyede kaç kez açma ve kapama yaptığı) göstermektedir. Bu durumda düşürücü dönüştürücülerde görev oranı;

$V_{çıkı} = D.V_{giriş}$ ve akımlar için yazarsak $I_{giriş} = D.V_{çıkı}$

bu durumda görev oranı;

$$D = \frac{V_{çıkı}}{V_{giriş}} = \frac{I_{giriş}}{I_{çıkı}} \qquad (2.32)$$

olarak düşürücü dönüştürücü için elde ederiz.

Yükseltici dünüştücü için benzer denklemleri elde etmek için ise aynı işlemleri gerçekleştirilebilir. Burada önemli olan bobinin hangi anlarda yükü beslemeye katkı sağladığıdır. Yükseltici dönüştürücüde anahtarlama elemanı kesimde olduğu zaman diliminde yüke besleme yapılmaktadır. Yani t_{on} süresinde yük beslenmektedir. Bu durumda D görev oranını yazarsak;

$V_{çıkı} = \frac{1}{1-D}.V_{giriş}$ benzer şekilde akımlar için yazarsak $I_{giriş} = \frac{1}{1-D}.I_{çıkı}$

Bu durumda yükseltici dönüştürücü için görev oranı;

$$D = 1 - \frac{V_{giriş}}{V_{çıkı}} = 1 - \frac{I_{çıkı}}{I_{giriş}} \qquad (2.33)$$

olarak elde ederiz.

Düşürücü-yükseltici dönüştücüde anahtarın iletim durumunda bobin uçlarındaki gerilim yükseltici dönüştürücüde olduğu gibidir. Anahtarın kesimde olduğu zaman diliminde ise bobinin gerilimi çıkış gerilimi ile zıt işaretlidir. Bu durumda sürekli iletim modunda çalışan bir düşürücü-yükseltici dönüştücünün görev oranı oranı;

$V_{çıkı} = \frac{D}{1-D}.V_{giriş}$ benzer şekilde akımlar için yazarsak $I_{giriş} = \frac{D}{1-D}.I_{çıkı}$

bu durumda düşürücü-yükseltici dönüştürücü için görev oranı;

$$D = \frac{V_{çıkı}}{V_{çıkı} + V_{giriş}} = \frac{I_{giriş}}{I_{çıkı} + I_{giriş}} \qquad (2.34)$$

olarak elde ederiz.

2.4. Çalışma Frekansını Hesaplamak

Çalışma frekansı DA-DA dönüştürücülerde çoğu kez devre tasarımcısı tarafından belirlendikten sonra diğer hesaplamalar yapılmaktadır. Bunun yanında dolaylı yoldan hesaplamalar yaparak da çalılma frekansı elde edilir. Burada anlaşılması gereken en önemli konu; çalışma frekansının ne anlama geldiğidir. Bunu kısaca özetlersek; devrelerimizde kullanılan anahtarlama elemanının istenilen çıkış değerini elde edebilmemiz için bir saniye içerisinde iletime girip çıkma sayısı olarak ifade edebiliriz. Bu durumda bizim anahtarlama elemanımız her periyotta bir kez iletime ve bir kez kesime gitmektedir.

Bir periyotun tamamlanması için geçen süreye T_p ve anahtarın bir periyotluk süre içerisinde iletimde kaldığı süreyi T_1 ve kesimde kaldığı süreyi T_2 dersek bu durumda;

$T_p=T_1+T_2$

olacaktır. Görev oranımız ise bu durumda;

$D=T_1 / T_p$

olacaktır. D görev oranında anahtarlama elemanının bir periyotta iletimde kalma ve kesimde kalma sürelerini hesaplarsak;

$T_1=D.T_p$ ve $T_2=(1-D)T_p$ olacaktır.

Anahtarlama elemanımızın çalışma frekansı bir periyotluk süreden hesaplanırsa;

$$f = \frac{1}{T_P} \qquad (2.35)$$

olarak hesaplanabilir. Burada çalışma frekansı veya başka bir ifade ile anahtarlama frekansı dönüştürücü devrelerinde kullanılan elemanların değerlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Çalışma frekansı devrenin güçüne göre birkaç KHz'den 100

KHz'lere kadar çıkmaktadır. Özel uygulamalarda düşük güçler için MHz'lere varacak yükseklikte çalışma frekansları kullanılmaktadır.

Çalışma frekansı devrede kullanılacak bobinin endüktans değerini, kondansatör değerini ve özellikle devrede kullanılacak anahtarlama elemanlarının tipini ve kontrol şeklini de önemli ölçüde etkilemektedir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda özellikleri verilen dönüştücünün hesaplarını yaparak tasarımını yapınız:

Giriş gerilimi 250 V olan ve çalışma frekansı 20 kHz olan düşük çıkışlı bir dönüştürücü tarafından 25 A'lik bir alıcı 150 V ile beslenmektedir. L = 300 µH ve C = 25 µF olup, kayıplar ihmal edilmektedir. Transistör ve diyodun iletim süreleri ile akımlarını hesaplayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Dönüştürücünün görev oranını hesaplayınız.	➢ $V_{çıkış} = D.\ V_{giriş}$ denkleminden yararlanabilirsiniz.
➢ Anahtarlama elemanının bir periyotluk çalışma süresini hesaplayınız.	➢ $T_p = 1/f$ ifadesini kullanabilirsiniz.
➢ Anahtarlama elemanının iletimde kalma ve kesimde kalma sürelerini hesaplayınız.	➢ T1 ve T2 sürelerini hesaplayınız. $T1=D.T_p$ ve $T2= (1-D).T_p$
➢ Transistör akımını hesaplayınız.	➢ $I_L = I_T + I_D$ ve $I_L = I_Ç$ ➢ $I_T = I_g = D.I_ç$ olduğunu hatırlayınız.
➢ Diyot akımı hesaplayınız.	➢ $I_D = (1-D).I_L$ olduğunu hatırlayınız.

➢

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Görev oranını hesaplayabildiniz mi?		
2. Çalışma periyodunu hesaplayabildiniz mi?		
3. İletim ve kesimde kalma sürelerini hesaplayabildiniz mi?		
4. Transistör akımını hesaplayabildiniz mi?		
5. Diyot akımını hesaplayabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Gerekirse başka kaynaklardan ve öğretmeninizden yardım isteyiniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Dönüştürücülerde görev oranı anahtarlama elemanının bir periyottaki iletimde kalma yüzdesini gösterir.

2. ( ) Doğru akım dönüştürücülerinde yüke enerji aktarımı kondansatörle sağlanır.

3. ( ) Dönüştürücülerde frekans arttıkça devredeki elemanların boyutları küçülür.

4. ( ) Bir periyotluk çalışma süresinde anahtarlama elemanı bir kez iletimde ve iki kez de kesime gitmektedir.

5. ( ) Yükseltici dönüştürücüde minimum L değeri yük direnci ile doğru orantılıdır.

6. ( ) Kondansatör her bir periyotta şarj edildiği miktar kadar deşarj edilmelidir.

7. ( ) Dalgalanma gerilim belirtisi çıkış gerilimindeki değişim yüzdesini ifade eder.

8. ( ) Çalışma frekansı devrede kullanılacak bobinin endüktans değerini etkilemez.

9. ( ) Çalışma frekansı aynı zamanda anahtarlama frekansını temsil etmektedir.

10. ( ) Düşürücü **dönüştürücüde görev oranı arttırılırsa çıkış gerilimi de azalacaktır.**

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–3

AMAÇ

Dönüştürücülerde kullanılan devre elemanlarının seçimini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Piyasada üretilen bobin çeşitlerini *İnternet*'ten araştırınız.
- Dönüştürücülerde kullanılan kondansatör çeşitlerini araştırınız.
- Anahtarlama elemanlarını ve çeşitlerini araştırınız.

3. DOĞRULTUCU DEVRE ELEMANLARI-NIN SEÇİMİNİ YAPMAK

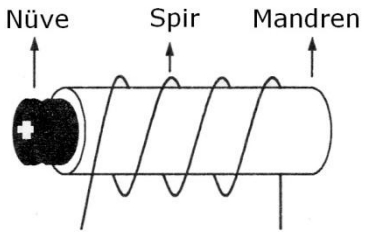
3.1. Tanımı

Doğru akım dönüştürücülerinin tasarımında kullanılacak devre elemanlarının seçimi, verimli ve düzgün çalışma bakımından önemli olmaktadır. Kullanılacak elemanların uygunluğu dönüştürücünün kullanıldığı hassas ve uzun süreli çalışma ortamları açısından, maliyet ve uzun ömürlülük açısından hayatiyet derecesinde önem taşımaktadır. Düşününüz ki evimizde kullandığımız televizyon, elektronik eşyalar ve bilgisayarlarımızın sorunsuz çalışmasını isteriz. Bu durumda bunların çalışmasındaki en önemli bileşenlerden biri olan dönüştürücülerin sağlamlığının ne kadar önem taşıdığı sanırım daha iyi anlaşılacaktır.

Kaliteli bir dönüştürücünün tasarımında kullanılacak, bobin, kondansatör ve anahtarlama elemanlarının seçimi, dönüştürücünün çalışma gücüne, frekansına ve kullanım alanına göre önem arz etmektedir.

3.2. Bobin Seçimini Yapmak

Genellikle nüve adı verilen dayanıklı yalıtkan üzerine izoleli iletken tellerin sarmal bir şekilde yan yana ve üst üste sarılmasıyla elde edilen devre elemanına bobin denir. L harfi ile gösterilir ve birimi Henry (H)'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Bobin

Bobinler, çeşitli ölçü ve görünümdeki parçalar üzerine sarılır. Bu parçalara mandren adı verilir. Yine bobinlerde ise mandren içerisinde sabit veya hareketli bir parça daha bulunur. Bobinin mandreni içerisinde bulunan parçaya ise nüve denir. Mandren ve nüve kullanılmadan yapılmış bobinler de mevcuttur. Bu tür bobinler hava nüveli bobinler olarak tanımlanır. Bobin telinin her bir sarımına spir denir.

Bobinler DC ve AC devrelerde kullanılabilir. DC gerilim ile çalışmada bobin üzerinden sabit bir manyetik alan meydana gelir. Bu durumda bobin direnç gibi davranır. Bobinin DC'deki direnci, sarımda kullanılan telin direnci kadardır. Sabit ve ayarlı olmak üzere iki tip bobin vardır.

3.2.1. Sabit Bobinler

Hava nüveli, ferit nüveli, demir nüveli, smd (yüzey montajlı) bobinler olmak üzere dört çeşit sabit bobin bulunmaktadır.

3.2.1.1. Hava Nüveli Bobinler

Şekil 3.2: Hava nüveli bobin sembolü

Resim 3.1: Hava nüveli bobin

Nüve olarak hava kullanılır. Sembolü Şekil 3.2'de verilmiştir. Yüksek frekanslı devrelerde, genelikle AM-FM alıcı ve vericilerde, bant geçiren filtre devrelerinde, test cihazlarında kullanılır. Oldukça küçük endüktans değerine sahip üretilir (13 nH-132 nH). Omik dirençleri oldukça küçüktür (Resim 3.1).

3.2.1.2. Ferit Nüveli Bobinler

Şekil 3.3: Ferit nüveli bobin sembolü

Pirinç, polyester veya demir tozundan yapılmış nüve üzerine sarılır. Bu tip bobinlerin endüktansı genellikle µH seviyelerindedir. Güç bobini olarak kullanılan türlerinin endüktansı mH seviyesindedir. Yüksek frekanslı devrelerde, radyo alıcı-vericilerinde kullanılır.

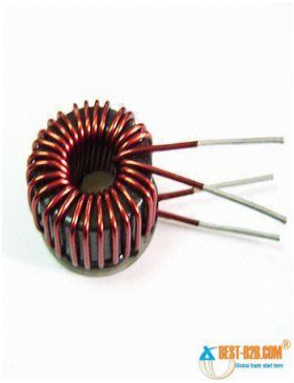
Resim 3.2: Ferit nüveli bobin

Ferit nüveli dolu ve hava oluklu olmasına göre ayrıca iki türü vardır. İçi dolu ferit nüveli bobinler büyük, orta ve küçük ebatlı olarak üretilir. Toleransları %15 ve DC'deki direnç değeri 0,007 Ω - 180 Ω arasında değişir. 20 mA ile 4 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Anahtarlamalı mod güç kaynaklarında, IGBT, MOSFET, SCR ve triyak kontrolerinde kullanılır. Endüktanları 1µH ile 150 mH arasında değişir. Küçük ebatlı ferit nüveli bobinlerin endüktans değeri renk kodu ile okunur. Diğerlerinde harf ve rakam kodlaması vardır. Daha çok düşük güç devrelerinde kullanılır.

İçi oyulmuş silindir şeklindeki ferit nüveli bobinler Resim 3.3'te gösterilmiştir. Güç kaynaklarında, bataryaları şarj etmede, filtre ve jeneratör devrelerinde kullanılır. 20 mA ile 27 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Yüksek güçlü devrelerde kullanılabilir. Ferit nüve polyolefin maddesinden oluşmuştur.

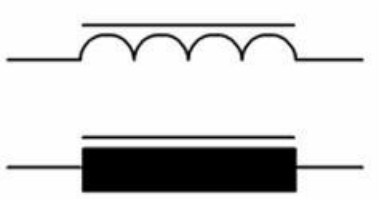
Resim 3.3: Ferit nüveli bobin

Toroidal nüveli bobinler (Resim 3.4), anahtarlamalı tip güç kaynaklarında, radyo frekans devreleri gibi yüksek frekanslı devrelerinde kullanılır. Endüktansları 1µH ile 1H arasında değişebilir. DC dirençleri ortalama 0,074Ω'dur. 25W-100W güce sahiptir.



Resim 3.4: Toroidal nüveli bobin

3.2.1.3. Demir Nüveli Bobinler



Şekil 3.4: Demir nüveli bobin sembolü

Resim 3.5: Demir nüveli bobin

Birer yüzeyleri yalıtılmış ince demir sacların art arda birbirlerine yapıştırılmasıyla elde edilen nüvedir ve bobin bu nüvenin üzerine sarılır. Düşük frekanslarda kullanılır. Bunlara örnek transformatörler verilebilir (Şekil 3.4 - Resim 3.5).

3.2.1.4. SMD Bobinler

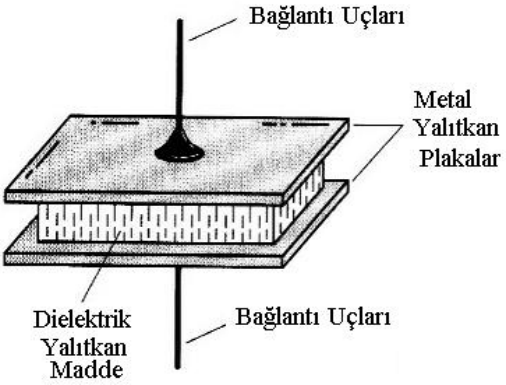
Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir. Boyutları diğer bobinlere göre çok daha küçüktür. Sayısal sistemlerde sıkça kullanılır. Farklı kılıf modellerinde üretilir. Üzerine değeri rakam, harf veya renkler ile kodlanır.

Resim 3.6: SMD toroid demir nüveli bobin

Dönüştürücüler için yapılan hesaplama neticesinde çıkan endüktans değerine göre hazırlanan bobinlerin endüktansları LCRmetre cihazlarının endüktans (L) kademesinde ölçülür. LCR metrenin komütatör anahtarı endüktans ölçme konumuna getirilir. Ölçüme küçük endüktans değerli kademeden başlanması daha uygundur. Eğer bobin endüktansı büyükse ve sonuç olarak ekranda değer okunmuyorsa kademe bir basamak yukarı çıkartılabilir. Bu işleme ekranda uygun endüktans değeri okunana kadar devam edilir. Bobinlerde kutup yönü olmadığından propların bobine istenen yönde paralel olarak bağlanması yeterlidir.

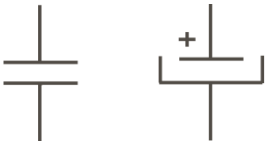
3.3. Kondansatör Seçimini Yapmak

İki iletken levha arasına di-elektrik adı verilen bir yalıtkan madde konulmasıyla elde edilen ve elektrik enerjisini depo edebilen devre elemanına kondansatör denir (Şekil 3.5). C harfi ile gösterilir ve birimi farad (F)dır.



Şekil 3.5: Kondansatörün iç yapısı

Kondansatör devrenin ilk çalışma anında kaynak gerilimine şarj olmaya başlar. Maksimum şarj işlemi gerçekleşene kadar kondansatör üzerinden geçici olarak ve gittikçe azalan Ic akımı akar. Bu akım kondansatör kaynak gerilimine şarj olduğunda durur.



Şekil 3.6: Kutupsuz ve kutuplu kondansatör sembolleri

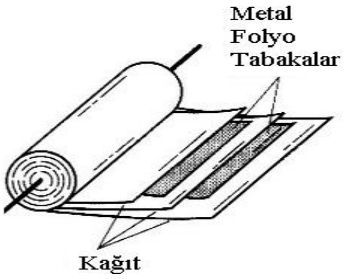
Sabit ve ayarlı olmak üzere iki gruba ayrılır.

3.3.1. Sabit Kondansatörler

Sabit kondansatörler, kâğıtlı, plastik, seramik, mika, elektrolitik, smd olmak üzere altı çeşittir.

3.3.1.1. Kâğıtlı Kondansatörler

Yalıtkanlık kalitesini arttırmak için parafin maddesi emdirilmiş 0.01 mm kalınlığındaki kâğıdın iki yüzüne 0.008 mm kalınlığındaki kalay ya da alüminyum plakalar yapıştırılarak üretilmiş elemanlardır (Şekil 3.7). Kuru kâğıtlı, yağlı kâğıtlı, metalize kâğıtlı vb. modelleri bulunan kâğıtlı kondansatörler uygulamada yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Kapasite değerleri genellikle 1 nF lle 20 µf arasında değişen kâğıtlı kondansatörlerin çalışma gerilimleri ise 100 volt ile 700 volt arasında değişmektedir.



Şekil 3.7: Kâğıtlı kondansatör iç yapısı

3.3.1.2. Plastik Kondansatörler

Yüksek frekanslı devrelerde pek tercih edilmez. Hassas kapasiteli olarak imal edilir. Genellikle zamanlama, filtre veya birkaç yüz khz'lik frekanslı devrelerde kullanılabilir. Di-elektrik maddelerine göre üç türdür. Bunlar; polyester, polistren ve polipropilendir.

3.3.1.3. Seramik Kondansatörler

Di-elektrik maddesi olarak titanyum veya baryum kullanılarak imal edilir. Genellikle yüksek frekanslı devrelerde baypas kondansatörü olarak kullanılır (Resim 3.7).

Resim 3.7: Seramik kondansatör

3.3.1.4. Mika Kondansatörler

Di-elektrik maddesi mikadır (Resim 3.8). Yalıtkan sabiti çok yüksek ve çok az kayıplı elemanlardır. Frekans karakteristikleri oldukça iyidir ve bu özeliklerinden dolayı rezonans ve yüksek frekanslı devrelerde kullanılır. Mikalı kondansatörlerin kapasite değerleri 1 pikofarad ile 0,1 mikrofarad arasında, çalışma voltajları 100 V ile 2500 V arasında, toleransları ise %2 ile %20 arasında değişir.

Resim 3.8: Mika kondansatör

3.3.1.5. Elektrolitik Kondansatörler

Elektrolitik kondansatörlere kutuplu kondansatörler de denir. Pozitif ve negatif kutupları bulunan, alüminyum levhalar arasında asit borik eriyiğinin di-elektrik madde olarak kullanıldığı kondansatörlerdir. Negatif uç kondansatörün dış yüzeyini oluşturan alüminyum plakaya bağlıdır (Resim 3.9).

Resim 3.9: Elekrolitik kondansatör

Bu tip kondansatörler büyük kapasiteli olup en sık kullanılan kondansatörlerdir. Genellikle filtre, gerilim çoklayıcılar, kuplaj - dekuplaj ve zamanlama devrelerinde kullanılır. Yüksek frekans karakteristikleri kötü olduğundan yüksek frekanslı devrelerde tercih edilmez.

Elektrolitik kondansatörlerin üzerinde kapasite değeri dışında maksimum şarj gerilimi de yazılıdır (lµF/50 V gibi). Bu gerilime kırılma gerilimi de denir. Kapasite seçimi yaparken aynı zamanda gerilim değerleri de dikkate alınmalıdır. Asla devreye ters bağlanmamalı ve şarj gerilimi üzerine çıkılmamalıdır. Böyle bir durumda kondansator dielektrik özelliğini kaybeder ve bozulur.

Alüminyum ve tantalyum plakalı olmak üzere iki tür elektrolitik kondansatör vardır. İkisi arasındaki fark tantalyum oksidin yalıtkanlık sabiti daha büyüktür.

- **Alüminyum Elektrolitik Kondansatör**

Alüminyum oksitli anot folyo ile alüminyum katot folyodan oluşan sent şeklindeki iki plakanın arasına elektrolitik emdirilmiş kâğıt ile sarılarak elde edilen kutuplu kondansatörlerdir. Alüminyum oksitli plakaya bağlı elektrot pozitif (+), alüminyum plakaya bağlı elektrot ise negatif (-) kutup olarak isimlendirilir.

- **Tantalyum Elektrolitik Kondansatör**

Tantalyum oksitli folyo şerit ile tantalyum folyo şeritten oluşur. Tantalyum oksitli plakaya pozitif (+), tantalyum plakaya ise negatif (-) kutup bağlanmıştır (Resim 3.10).

Resim 3.10: Tantalyum elekrolitik kondansatör

Elektrolitik kondansatörlerin hacmine göre kapasitelerinin büyük ve maliyetinin ucuz olması bir avantajdır. Ancak kaçak akımlar büyüktür ve ters bağlantı hâlinde bozulmaları birer dezavantajdır.

3.3.1.6. SMD Kondansatörler

Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş kondansatörlerdir. Boyutları diğer kondansatörlere göre çok daha küçüktür ancak mercimek ve mika kondansatörlerle erişilen sığa değerlerine sahip olarak üretilir. Üzerindeki kodların okunuşları markadan markaya farklılık gösterir.

Resim 3.11: SMD kondansatör

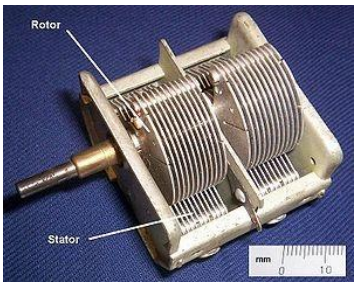
3.3.2. Ayarlı Kondansatörler

Varyabl ve trimer kondansatör olmak üzere iki gruba ayrılır.

3.3.2.1. Ayarlanabilir (Variable) Kondansatörler

Bu gruba giren kondansatörler, İngilizce adı ile variable olarak da anılmaktadır. Bu kelimenin Türkçe karşılığı "değişken ve ayarlanabilir"dir. Ayaralanabilir kondansatörler paralel bağlı çoklu kondansatörden oluşmaktadır. Bu kondansatörlerin birer plakası sabit olup diğer plakaları Resim 3.12'de görüldüğü gibi bir mil ile döndürülebilmektedir. Böylece kondansatörlerin kapasiteleri istenildiği gibi değiştirilebilmektedir. Hareketli plakalar sabit plakalardan uzaklaştıkça karşılıklı gelen yüzeyler azalacağından kapasitede küçülecektir. Hareketli plakalara rotor, sabit plakalara stator denmektedir.

Şekil 3.8: Ayaralanibilir kondasatörün sembolü



Resim 3.12: Ayaralanabilir kondansatör

Plakalar genelde alüminyum veya özel amaçlar için gümüş kaplı bakırdır. Plakalar arasında yalıtkan madde olarak genellikle hava vardır. Bazı özel hâllerde, mika plastik ve seramik de kullanılmaktadır. Bazen vakumlu (havasız) da yapılmaktadır. Havalı ve yalıtkanlı kondansatörlerde bir miktar kaçak (leakage) akımı vardır. Vakumlu olanlarda hiç kaçak yoktur. Vakumlu kondansatörlerde; çalışma gerilimi 50 KV'a ve frekansı 1000 MHz'e kadar çıkabilmektedir. Kapasitif değeri ise 50-250 pF arasında değişir. Havalılarda ise kapasite 400 pF'a kadar çıkabilmektedir. Ayarlanabilir kondansatörler ile büyük kapasitelere ulaşılamamakla beraber, yukarıda belirtildiği gibi çok büyük gerilimlerle ve frekanslarda çalışılabilmektedir. Bazı uygulamalarda, aynı gövdede iki ayarlanabilir kondansatör kullanılır. Bunlardan birinin rotoru, statordan uzaklaştırılırken diğerinin rotoru ters bir çalışma şekli ile statoruna yaklaşır.

Ayaralanabilir kondansatörün kullanılma alanları:

- Radyo alıcıları (Plakaları çok yakın ve küçüktür.)
- Radyo vericileri
- Büyük güçlü ve yüksek frekans üreticileri (Plakalar arası 2,5 cm'dir.)

3.3.2.2. Trimmer (Düzeltici) Kondansatörler

Kapasite değeri tornavida ile değiştirilebilen ayarlı kondansatörlerdir. Trimmer kondansatörlerde ayar vidasına bağlı 360 derece dönebilen levhalar ile yüzey alanı değiştirilmesiyle kapasite değeri azaltılıp çoğaltılabilir. Trimmer kondansatörlerin boyutları ve kapasite değerleri küçüktür. Bu çeşit kondansatörler FM verici, telsiz vb. devrelerde kullanılır.

Şekil 3.9: Trimer kondansatör sembolü

Resim 3.13: SMD trimmer kondansatör

Dönüştürücüde kullanılacak kondansatörün değeri LCR metre ile ölçülür. Kondansatörün üzerindeki değer ile LCR metreden okunan değer aynı ise kondansatör sağlamdır. Farklı bir değer okunursa kondansatör bozuktur.

3.4. Anahtarlama Elemanı Seçimi Yapmak

Doğru akım dönüştürücülerinde, kaynaktan alınan enerjinin bobine ve yüke aktarılması en önemli işlevdir. Bu işlem gerçekleştirilirken belirli bir çalışma frekansı altında yarı iletken elemanlar kontrol devreleri ile iletime ve kesime gider. İletime ve kesime geçişlerin sağlanması güç dönüştürücülerinde kayıpsız gerçekleşmesi dönüştürücünün verimliliği açısından çok önemlidir. Bu yüzden dönüştürücü tasarımında kullanılacak yarı iletken anahtarlama elemanının seçimi büyük önem kazanmaktadır. Doğru anahtarlama seçimi ve kontrolü dönüştürücünün kalitesini ve verimini göstermektedir.

Anahtarlama kavramını açıklamak gerekirse, temel olarak bir yarı iletken güç elemanın iletim ve kesime girme işlemleridir. Anahtarlama işlemlerinde oluşan anahtarlama kayıpları yanında, devrede kullanılan güç diyodunun ters toparlanma kaybı ve güç anahtarının yapısından ortaya çıkan kayıplardan da oluşmaktadır. Bu anahtarlama kayıplarının hepsi anahtarlama frekansı ile doğru orantılıdır. Bu kayıplar arttıkça, kullanılan güç elemanlarının nominal değerleri ile soğutucu ve soğutma sisteminin boyutları da artar. Sonuç olarak, devrenin hacmi ile maliyeti artar ve böyle bir devrede işlenecek güç miktarı da düşer.

Anahtarlama işlemleri esnasında, büyük değerli olan akım ve gerilim yükselme hızları, yüksek değerli EMI (elektro manyetik girişim) gürültülere neden olur. Bu gürültüler ise, kontrol ve haberleşme sinyallerini bozar. DC-DC dönüştürücülerde, iletim ve kesim durumlarındaki akım ve gerilim değişimlerinde dalgalanmalar olmadığından, reaktif enerjinin de olmadığı söylenebilir. Bu durum ise, anahtarlama işlemleri dikkate alınmadığında, böyle bir devrede işlenebilecek güç miktarının çok yüksek olduğunu gösterir. Ayrıca, anahtarlama frekansı yükseldikçe, endükatans ile kapasitans değerleri orantılı olarak düşer ve güç yoğunluğu daha da artar. Ancak, frekans yükseldiğinde, anahtarlamadaki enerji kayıpları ve EMI gürültü de artmaktadır. Bu nedenle, PWM DC-DC dönüştürücülerin anahtarlama problemlerinin çözülmesi gerekmektedir.

Anahtarlama elemanının seçimini yaparken, dönüştürücünün işleyeceği güç miktarı, anahtarlama frekansı, anahtar için kullanılacak sürüc devreleri, soğutma, hacim ve birbirleri ile ilişkili diğer parametreler dikkate alınarak kataloglardan seçilir. Genellikle anahtarlama elemanları olarak; tristörler (SCR) için kullanılan temel tetikleme devreleri ile bipolar transistörler (BJT) ve MOS kontrollü elemanlar (MOSFET, IGBT, MCT vb) için sürme devreleri kullanılmaktadır. Sürme devreleri de günümüzde farklı özelliklerde entegre devreler şeklinde üretilmektedir. Bu entegre devrelerin bazılarında izolasyon özelliği de bulunmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

GUKondansatörlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyarak kondansatörleri analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçünüz ve istenen özellikte kondansatör seçimi yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Üzerinde renk kodları olan veya rakam bulunan birkaç tane kondansatör alınız.	➢ Okulunuz malzeme deposundan bu kondansatörleri edinebilirsiniz.
➢ Renk kodlarını okuyarak kondansatörün değerini, toleransını ve gerilimini tespit ediniz. Üzerinde rakam varsa bu rakamları okuyarak kondansatörün değerini belirleyiniz.	➢ Resim 2.13 ve Çizelge 2.1'deki tablo yardımı ile kondansatörün değerini ve toleransını tespit edebilirsiniz.
➢ Bu uygulamayı farklı kondansatörlerle üçer defa yapınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kondansatörün tipini belirleyebiliyor musunuz?		
2. Kondansatörün gerilim değerini belirleyebiliyor musunuz?		
3. Kondansatörün kapasite değerini belirleyebiliyor musunuz?		
4. Katalog bilgilerini okuyabiliyor musunuz?		
5. Devre için uygun kondansatörü seçebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Bobinin mandreni içerisinde bulunan parçaya nüve denir.

2. ( ) Bobinler sadece AC devrelerde kullanılabilir.

3. ( ) Torodial nüveli bobinler, anahtarlamalı tip güç kaynaklarında, radyo frekans devreleri gibi yüksek frekanslı devrelerinde kullanılır.

4. ( ) Bobinlerin endüktansları LCR metre ile ölçülür.

5. ( ) Ferit nüveli bobinler, çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir.

6. ( ) Sürme devreleri de günümüzde tek tip entegre devreler şeklinde üretilmektedir.

7. ( ) Anahtarlama, temel olarak bir yarı iletken güç elemanın iletim ve kesime girme işlemleridir.

8. ( ) Anahtarlama frekansı yükseldikçe, endükatans ile kapasitans değerleri orantılı olarak düşer.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

9. Kondansatör için aşağıda verilen ifadelerin hangisi yanlıştır?

A) Elektrik enerjisini depo eder.
B) İki yalıtkan arasında bir iletken bulunur.
C) Birimi faraddır.
D) Paralel bağlı kondansatörlerde toplam sığa, kapasitelerin aritmetik toplamına eşittir.

10. Kâğıt kondansatörler hangi gerilim değeri arasında çalışır?

A) 100V-200V
B) 300V-500V
C) 200V-400V
D) 100V-700V

11. Plastik kondansatörler hangi maddeden yapılmaz?

A) Polyester
B) Polipropilen
C) Poliüreten
D) Polistren

12. Aşağıdakilerden hangisi kutuplu kondansatördür?

A) Mika
B) Elektrolitik
C) Seramik
D) Kâğıtlı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–4

AMAÇ

Eviriciler ve yenilenebilir enerji kaynaklarında kullanılan evirici çeşitlerini bileceksiniz.

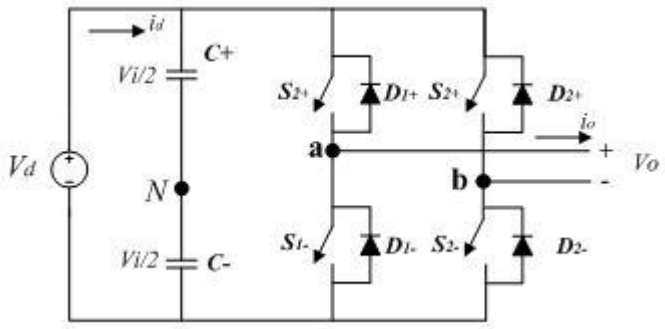
ARAŞTIRMA

- Evirici çeşitlerini ve kullanım alanlarını araştırınız.
- Temel bir eviricide kullanılan elemanları araştırınız.

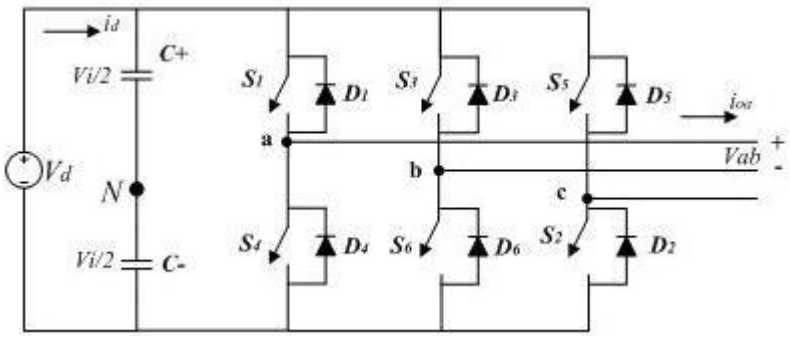
4. EVİRİCİLER VE EVİRİCİ ÇEŞİTLERİ

4.1. Eviricilerin Genel Tanımı, Çalışması ve Kullanım Alanları

Eviriciler doğru akım üreten bir kaynaktan yükü beslemek için alternatif akım sağlayan güç elektroniği devreleridir. Eviriciler, diğer bir adla inverterlerden temel olarak beklenilen, ürettiği alternatif akımdaki bozulmaların düşük seviyelerde olması ve istenilen genlik ve frekansta alternatif kaynak sağlamaktır. Eviricilerin girişinde aküler, güneş pilleri, yakıt hücreleri benzeri doğru akım kaynakları ya da alternatif bir kaynaktan beslenen doğrultucuların çıkışları kullanılabilir. Eviriciler temelde bir fazlı veya üç fazlı olabilmektedir. Bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenen eviriciler, şebeke bağlantılı veya ada sistemlerinde (ada eviriciler) kullanılmak üzere iki kullanım şekilleri mevcuttur.



Şekil 4.1: Bir fazlı tam dalga köprü evirici devresi



Şekil 4.2: Üç fazlı evirici devresi

Eviricilerin çıkış gerilimlerinin sinüzoidal dalga olması beklenir. Düşük ve orta güçlü uygulamalarda kare dalgaya yakın çıkış formları kabul edilebilir, fakat büyük güçlerde mümkün olduğu kadar harmoniklerinden arınmış bir sinüs dalga formu gerekmektedir.

Genel olarak eviricilerin kullanım alanları şöyledir:

- Değişken hızlı asenkron motor sürücü devreleri
- Kesintisiz güç kaynakları
- Yüksek gerilimde doğru akım iletim sistemleri
- Endüksiyonla ısıtma sistemleri
- AC gerilim regülatörleri

Eviriciler, beslemede kullanılan kaynağın çeşidine göre 2'ye ayrılır.

- Gerilim kaynaklı eviriciler
- Akım kaynaklı eviriciler

Eviricler ((inverterlerde); transistör, tristör, mosfet, IGBT gibi anahtarlar kullanılır. Bu anahtarlardan transistör ve mosfet düşük ve orta güç uygulamalarında daha çok tercih edilir. Mosfet ayrıca hızlı anahtarlama yapabildiğinden yüksek frekans uygulamalarında da kullanılır. Tristör büyük güçlerde kullanılır, bunların da anahtarlama hızları oldukça düşüktür. IGBT ise günümüzün en çok kullanılan elemanıdır. Bu eleman mosfet ve transistörün iyi karakteristik özelliklerini almıştır. Günümüzde ise neredeyse tüm eviricilerde IGBT anahtarı kullanılmaktadır. Eviriciler basitçe hem tek fazlı sistemlerde hem de üç fazlı sistemlerde kullanılabilir. Akım beslemeli ya da gerilim beslemeli eviriciler arasında yapılacak seçim yükün özelliklerine göre değişir.

4.2. Gerilim Kaynaklı Eviriciler

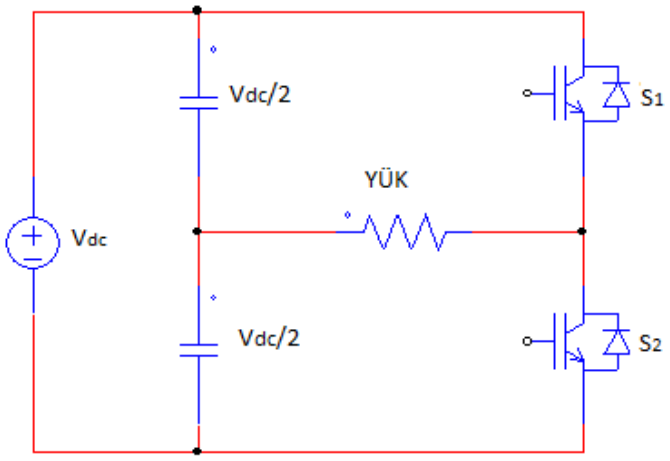
Gerilim kaynaklı eviriciler (Voltage source evirici – VSI) genelde esnek alternatif akım iletim sistemlerini (Flexible AC Transmission Systems – FACTS) gerçekleştirmekte kullanılır. FACTS güç elektroniği temelli sistemlerin ve/veya diğer statik ekipmanların, sistem üzerindeki kontrol yeteneğinin ve güç transfer birikiminin artması amacıyla AC elektrik

iletim sistem parametresi olarak entegre edilmesidir ve FACTS ekipmanlarının reaktif güç sistemlerini, sistem kararlılığını arttırarak kontrol etmek için yüksek gerilim ve yüksek güç kapasitesindeki gerilim kaynaklı eviricilerin kullanılması gerekmektedir.

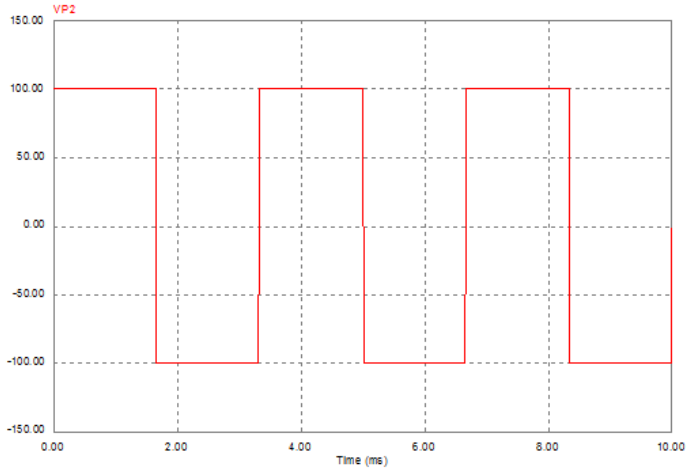
Bu tip eviricilerde sistemi besleyen bir gerilim kaynağıdır. Gerilim beslemeli inverterlerde çıkış gerilim dalga biçimi, giriş doğru gerilimi ve anahtarlama yöntemi ile belirlenir. Yük bu dalga biçimine etki edemez. Eğer yük harmonik akımlara yüksek empedans gösteren bir özellik taşıyorsa, bu tip yükün gerilim beslemeli bir inverter ile sürülmesi daha uygundur. Gerilim beslemeli inverterlerde girişteki değişmez doğru gerilim, doğrultucu bir devre çıkışına paralel bağlanan çok büyük bir kapasite ile elde edilebilir.

En basit evirici yapısı tek fazlı yarım köprü topolojisidir. Bu devre ile iki seviyeli kare dalga formunda bir çıkış üretilir. Bu tip bir topolojide orta uçlu bir gerilim kaynağı beslemesine ihtiyaç duyulur. Orta ucu oluşturmak için basitçe seri yerleştirilmiş iki kapasite ile doğru akım kaynağı ile beraber kullanılır. Bu iki seviyeli eviriciye ait devre şeması Şekil 4.3'te, çıkış geriliminin dalga formu ise Şekil 4.4'te verilmiştir.

Tek fazlı yarım köprü eviricide Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi yalnızca 2 anahtarlama elemanına ihtiyaç duyulur. Burada her iki anahtarın aynı anda kapatılmamasına dikkat edilmelidir. Yani bu anahtarlama elemanları mutlaka birbiriyle ters çalışmalı, birisi iletimdeyken diğeri mutlaka kesimde olmalıdır. İki eleman da iletimdeyse kaynak kısa devre olur ve evirici zarar görür.



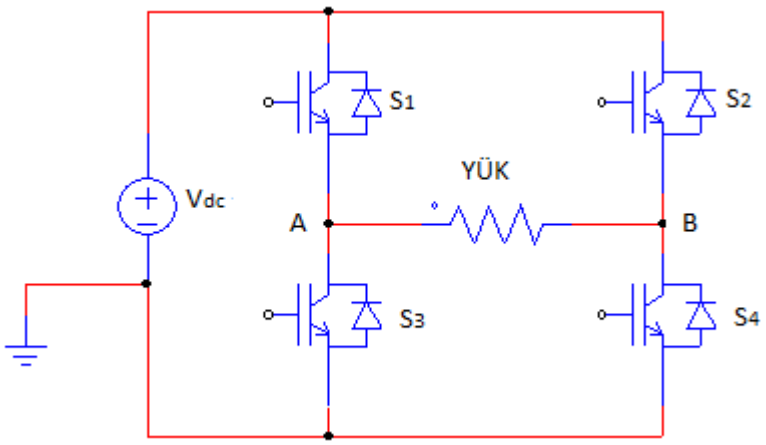
Şekil 4.3: Yarım köprü evirici devresi



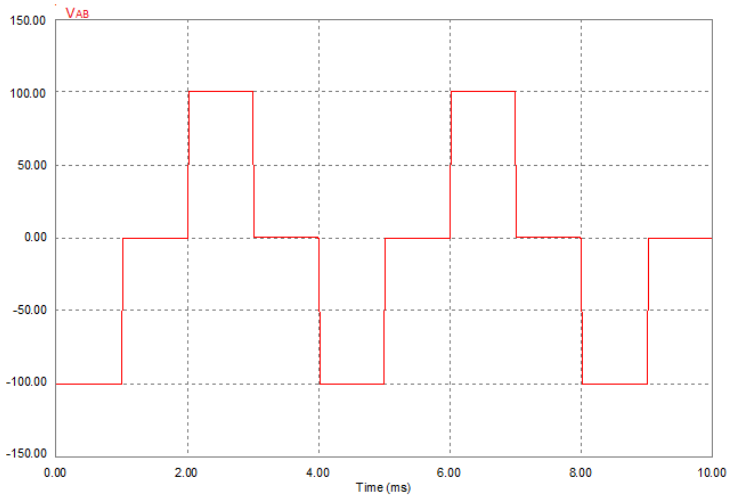
Şekil 4.4: Yarım köprü evirici devresi çıkış dalga şekli

Üç seviyeli çıkış gerilimi elde etmek için tam köprü evirici topolojisi kullanılmaktadır. Bu tip eviricilerde yarım köprü yapının aksine çıkış olarak üç seviyeli kare dalga formu elde edilebilir. Yapı basit olarak yarım köprü eviriciye bir devre bacağı daha ilave edilmesi ve yükün bu bacaklar arasına yerleştirilmesiyle oluşturulur. Tek fazlı, gerilim kaynaklı tam köprü evirici devresi Şekil 4.5'te çıkış gerilimin dalga formu ise Şekil 4.6'da görülmektedir.

Tam köprü konfigürasyonda 4 adet anahtarlama elemanı ve 4 adet diyot bulunmaktadır. Burada yük üzerindeki gerilim VAB'yi elde etmek için anahtarların çapraz çiftler halinde iletime geçmesi ve kesime gitmesi gerekmektedir. S1 ve S4 anahtarları iletimde, S2 ve S3 kesimde iken A-B noktaları arasındaki gerilim VAB = VDC, S1 ve S4 anahtarları kesimde, S2 ve S3 iletimde iken VAB = -VDC olur. Tam köprü evirici yapısında 0 seviyesini elde etmek için S1 ve S2 anahtarları iletimde iken S3 ve S4 anahtarları kesime getirilir veya tam tersi kombinasyon uygulanır.



Şekil 4.5: Tam köprü evirici devresi



Şekil 4.6: Tam köprü evirici devresi çıkış dalga şekli

4.3. Akım Kaynaklı Eviriciler

Akım kaynaklı eviriciler, çok büyük güçlerde tercih edilen ve akımı evirmekte kullanılan yapılardır. İnverterin kaynaktan çektiği akımın sabit kalması, doğrultucu bir devrenin çıkısına seri bağlanacak çok büyük bir self (endüktans) ile sağlanabilir. Eğer inverter çıkısındaki yükün harmonik akımlara düşük empedans gösteren bir özelliği varsa, bu durumda akım beslemeli inverter kullanmak daha uygun olur

4.4. Çok Katlı Eviriciler

İki seviyeli gerilim kaynaklı eviricilerde artan anahtarlama frekansı daha kaliteli bir dalga şeklinin oluşmasını sağladığından geleneksel eviricilerde genelde yüksek anahtarlama frekansları ve çeşitli darbe genlik modülasyon (PWM) stratejileri kullanılır. Fakat orta veya yüksek gerilim uygulamalarında geleneksel eviricilerin başlıca anahtarlama kayıpları ve anahtarların anma değerlerindeki kısıtlamadan dolayı yüksek frekansta çalışma için birkaç sınırlama vardır. Ayrıca orta ve yüksek güçlü uygulamalarda geleneksel eviricilerin verimleri düşüktür ve büyük transformatörler kullanılması nedeni ile fiyatın yükselmesi gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu nedenle çok katlı eviriciler son yıllarda orta veya yüksek gerilimli uygulamalarda tercih edilmektedir.

Çok katlı eviriciler, dağıtılmış enerji kaynakları alanında ilgi odağıdır. Çünkü fotovoltaik piller, yakıt hücreleri, rüzgar türbinleri, mikro türbinler gibi çeşitli farklı doğru akım kaynakları, çok katlı eviriciler yoluyla voltaj dengeleme sorunları olmadan bir yükü veya AC sistemi besleyebilir. Daha önce de belirtildiği üzere gerilim kaynağı eviricileri genelde esnek alternatif akım iletim sistemlerini gerçekleştirmekte kullanılır.

Çok katlı eviricilerin özgün yapısı transformatörlü ya da seri bağlı senkronize anahtarlama elemanları kullanılmadan düşük harmoniklerle yüksek gerilimlere ulaşabilmelerine imkân tanımaktadır.

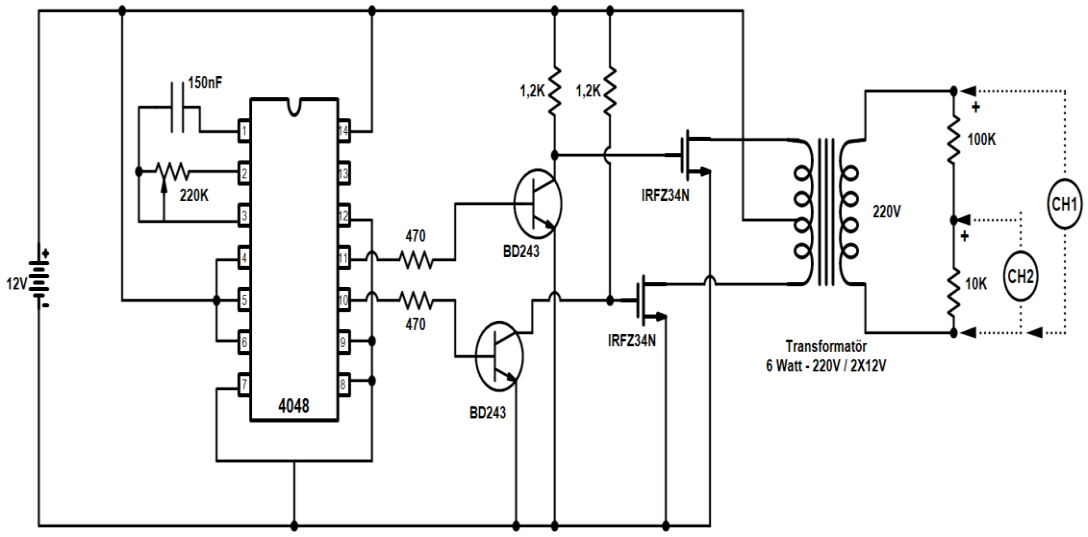
Çok katlı eviriciler, girişlerine uygulanan DC gerilimin birkaç seviyesinden anahtarlama yoluyla çıkışta en az şekilde bozuk olan bir sinüsoidal dalga şekline benzeyen bir merdiven dalga şekli meydana getirir. Her bir ilave DA gerilim katı, AA çıkış geriliminin dalga şekline bir basamak ekler.

Çok katlı eviricilerin en büyük avantajı düşük anahtarlama frekansında eviricinin çıkış gücünde bir azalma olmadan, çıkış dalga şekillerinde bozulmaların az olmasıdır. Çok seviyeli eviriciler devre topolojileri açısından 3'e ayrılır. Bunlar;

- Diyot kenetlemeli çok katlı eviriciler (diode clamped-neutral point)
- Kapasitör kenetlemeli çok katlı eviriciler (capacitor clamped-flying capacitors)
- Kaskat çok katlı eviricilerdir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen evirici devresini elektronik board üzerine kurunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Devrede kullanılacak entegre devreyi board üzerine yerleştiriniz.	➢ 4048 nolu entegrenin bacak bağlantılarını datasheet (bilgi sayfasından)'ten kontrol ediniz.
➢ Direnç ve kondansatörleri boarda yerleştiriniz.	➢ Kondansatörlerin sağlamlık kontrolü için LRC metreyi kullanınız.
➢ Anahtarlama elemanlarının bağlantısını yapınız.	➢ Elemanların bacak uçlarını datasheetten kontrol ediniz.
➢ Transformatör bağlantısını gerçekleştiriniz.	➢ Trafonun giriş çıkış uçlarını ve orta ucunu doğru bağlayınız.
➢ Doğru akım kaynağını bağlayınız.	➢ Doğru akım kaynağı olarak 12 voltluk güneş paneli kullanabilirsiniz.
➢ Osilaskop uçlarını bağlayınız.	➢ İki kanallı osilaskop kullanınız ve öğretmeninizden yardım isteyiniz.
➢ Osilaskop ekranında evirici çıkış dalga şeklini inceleyiniz.	➢ Dalga şekillerini metrik kağıda çiziniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Entegreyi doğru bir şekilde bağlayabildiniz mi?		
2.	Anahtarlama elemanlarını doğru şekilde bağlayabildiniz mi?		
3.	Kondansatörlerin sağlamlık kontrolünü yapabiliyor musunuz?		
4.	Osilaskop bağlantısını yapabiliyor musunuz?		
5.	Osilaskop ekranından eğirleri doğru şekilde okuyabiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Eviriciler doğru akım üreten bir kaynaktan yükü beslemek için ……. sağlayan güç elektroniği devreleridir.

2. Eviriciler temelde …….. veya …… olabilmektedir.

3. Yenilenebilir enerji kaynaklarından beslenen eviriciler …… veya ……. . kullanılmak üzere iki kullanım şekilleri mevcuttur.

4. Eviricilerin çıkış gerilimlerinin …… dalga olması beklenir.

5. Eviriciler besleme kaynaklarını göre ……. ve …… eviriciler olarak ikiye ayrılır.

6. Eviriciler; ……. , ……, ……., …….. gibi anahtarlar kullanılır.

7. En basit evirici yapısı tek fazlı …….. topolojisidir.

8. Tam köprü konfigürasyonda 4 adet …….. elemanı ve 4 adet …… bulunmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–5

AMAÇ

Eviricilerde kullanılan anahtarlama elemanlarının seçimini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Eviriclerde kullanılan anahtarlama elemanlarını araştırınız.
- Anahtarlama elemanlarının devre bağlantılarını ve kullanım şekillerini bilgi sayfalarından (datasheet) inceleyiniz.

5. EVİRİCİDE KULLANILAN ANAHTAR-LAMA ELEMANLARININ SEÇİMİ

Evirici çeşitli anahtarlama elemanları kullanılır. Bunların en önemlileri transistör, tristör, MOSFET, (metaloksit yarı iletken alan etkili transistör – metal oxide semiconductor field effect transistor) ve IGBT'lerdir (Insulated Gate Bipolar Transistor - yalıtılmış kapılı çift kutuplu transistör**).**

5.1. Tristör Seçimi

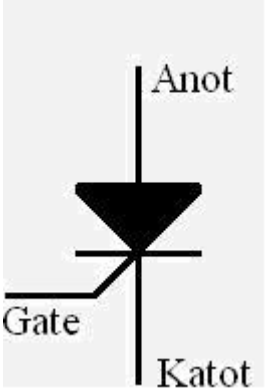
Tristör veya yarı iletken kontrollü doğrultucu (SCR), yarı iletken 4 katmanlı 3 ekleme sahip, 2 ana ve 1 kontrol ucu bulunan , kontrollü ve tek yönlü bir yarı iletken güç elemanıdır. Tristör güç gerektiren uygulamalarda kullanılır ancak anahtarlama hızları düşüktür.

Tristör, küçük bir geyt (kapı) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen yarı iletken sessiz bir anahtarlama devre elemanıdır. Anoduna (+), katoduna (-) gerilim verildiğinde hemen çalışmaz. Anot katot arasını iletime geçirebilmek için katoda göre geyte (+) gerilim vermek gerekir. DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra geyt tetikleme gerilimini kesseniz dahi tristör çalışmaya devam eder. Ancak bu olay AC gerilimde çalışılırken geyt tetikleme gerilimi kesildiğinde tristörün iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hale geçer.

Tristörlerde yük**,** anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı ise geyt ucuna uygulanır.

Geyt tetikleme akımı uygulanmadığında anot–katot arası direnci çok yüksektir. Anot–katot arasından yük akımı geçemez. Bu durumda tristör "**yalıtkandır"** ifadesini kullanırız.

Geyt tetikleme akımı uygulandığında anot–katot arası direnci çok düşüktür. Anot– katot arasından yük akımı geçer. Bu durumda tristör "**iletkendir** "ifadesini kullanırız. Şekil 5.1'de tristör sembolünü ve Resim 5.1'de tristör modüllerini görebiliriz.



Şekil 5.1: Tristör sembolü

Resim 5.1: Tristör Modülleri

Yüksek güçlü tristörlerde anot geniş bir taban üzerine tespit edilir. Bu tristörün hem kolay soğutulmasını hem de kolay monte edilmesini sağlar. Katot kalın bir kablo ile gate ucu ince bir bükülebilir kablo ile çıkartılmıştır. Tristörler bir kere iletken oldu mu (eğer besleme voltajı kesilmezse) devamlı iletken kalır. Bunun için özel metotlarla tristörleri yalıtkan duruma geçirmek gerekir. Bu davranışa iki durumu kararlı (bistable) davranış denir. Tristörler

güç elektroniğinin gelişmesinde çok önemli rol oynamıştır. Bunun için 2000 Volt ve 3300 ampere kadar çalışabilen tristörler yapılmıştır. Tristörlerde en büyük problem, açma-kapama esnasında meydana gelen ısıyı ve enerji birikimini dağıtmaktır. Bunun için çok çeşitli metodlar geliştirilmiştir.

Normal, faz kontröllü veya şebeke komitasyonlu tristörler, doğal komitasyonlu devrelerde kullanılmak üzere 3000 A ve 6000 V'lara kadar üretilen ve gerilim düşümleri 1,5 ile 2,5 volt ve anahtarlama hızları 100 ile 500 mikro saniye arasında olan tristörlerdir.

Hızlı veya zorlamalı komitasyonlu tristörler; zorlamalı komitasyonlu devrelerde ve 1 kHz lik frekanslara kadar kullanılmak üzere 1500 A ve 2500 V 'lara kadar üretieln ve gerlim düşümleri 1,75 ile 2,75 volt ve anahtarlama hızları 10 ile 100 mikrosaniye arasında olan tristörlerdir. Eleman seçiminde devreye göre bu özellikler belirleyici olmaktadır.

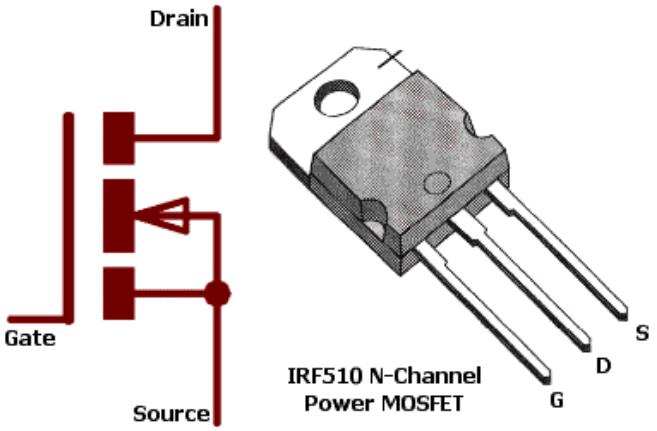
5.2. MOSFET Seçimi

MOSFET hızlı anahtarlama özelliğine sahip olduğundan yüksek frekans uygulamalarında da kullanılabilir. Düşük ve orta güç uygulamalarında MOSFET'ler tercih edilir. MOSFET'ler gerilimle kontrol edilir ve hızlı anahtarlama yapabilmeye müsaittir. MOSFET düşük gerilim ve yüksek akımlarda oldukça çok avantajlıdır.

İletime girme işlemi, kesimde olan ve uçlarında pozitif gerilim bulunan bir MOSFET'in kapısına yeterli bir gerilimin uygulnması ile başlar. Kesime girme işlemi ise iletimde olan bir MOSFET'in kapı geriliminin kesilmesi ile başlar.

MOSFET gerilime karşı çok duyarlı ve dayanma gerilimi oldukça düşük olan kapı iyi korunmalıdır. İdeal sürme ve anahtarlama karakteristiğine sahip olan MOSFET, anahtarlama güç kaybı en düşük ve iletim kaybı en yüksek olan güç elemanıdır.

5 amperden 100 amperlere ve 50 volttan 1000 voltlara kadar üretilen MOSFETLER, 3 il 5 volt arasında gerilim düşümü ve 100 ile 500 nano saniye arasında anahtarlama hızlarına sahiptir. Endüstriyel uygulamalarda, zorlamalı komitasyon devrelerinde, özellikle düşük gerilim ve güç ile yüksek frekanslarda gittikçe artan bir şekilde kullanılmaktadır.

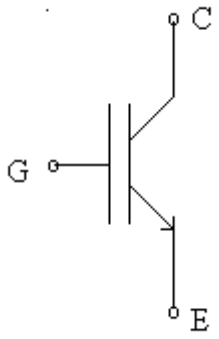


Şekil 5.2: N-Kanallı MOSFET sembolü ve görünümü

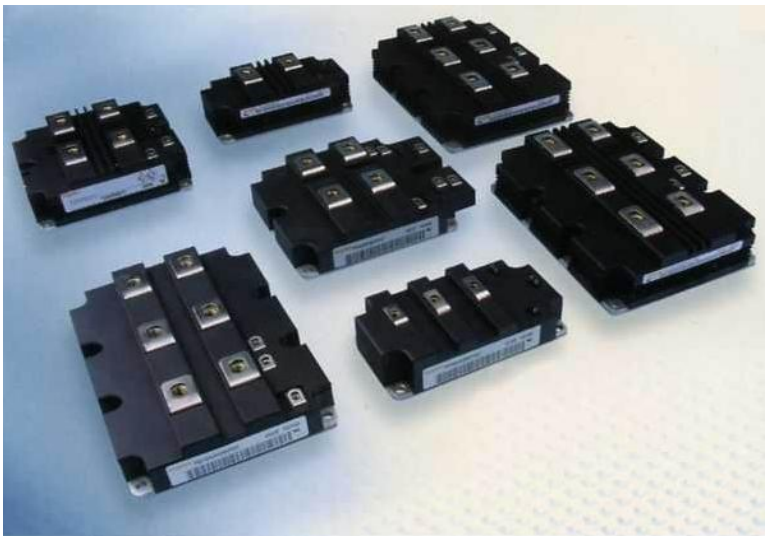
5.3. IGBT Seçimi

İzole kapılı bipolar transistör (IGBT), MOSFET'in ideal sürme karekteristiği ile BJT'nin düşük gerilim düşğmü özelliğini birlikte taşıyan karma bir güç elemanıdır. Mosfet ve BJT'lerin üstün özelliklerini bir arada barındıran en son yarı iletken teknolojisi olan IGBT'ler düşük anahtarlama güç kaybı ve yüksek anahtarlama hızlarıyla sistem performansını arttırmaktadır. Bir periyod boyunca yüzlerce kez iletime girebilen IGBT'ler, sistemde PWM kontrol tekniğinin uygulanmasına olanak sağlamaktadır.

IGBT'nin giriş ve kontrol özellikleri MOSFET'e ve çıkış özellikleri BJT'ye benzer. Anahtarlama hızı ve gerilim düşümü değerleri, MOSFET ve BJT değerleri arasındadır. 500 A ve 2000 V'lara kadar üretilen IGBT'ler, 2 ile 4 V arasında gerilim düşümü ve 0,5 ile 1,5 mikrosaniye arasında anhtarlama süresine sahiptir. BJT'ye göre biraz daha yüksek güç ve frekanslarda, özellikle DC kıyıcı ve inverterlerde, hızlıca artan bir şekilde IGBT'ler kullanılmaktadır.



Şekil 5.3: IGBT sembolü

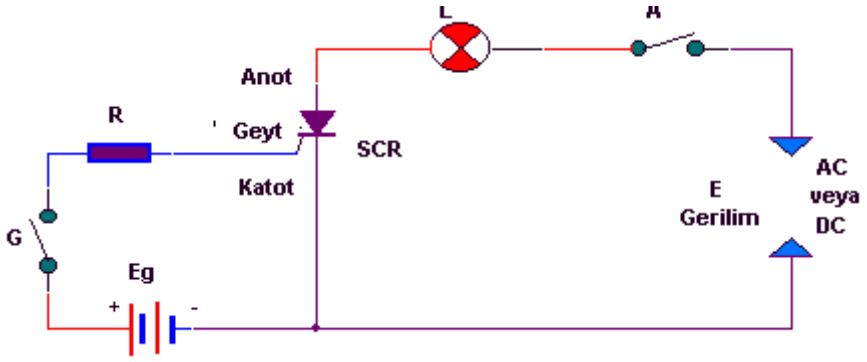


Resim 5.2: Çeşitli IGBT modülleri

Resim 5.3: IGBT sürücü devresi

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki tristör sürme devresini kurunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Tristörü board üzerine yerleştiriniz.	➢ Tristör ayaklarını kontrol ediniz.
➢ Lambayı tristörün anotuna bağlayınız.	➢ Bağlantıların temas edip etmediklerini ölçü aleti ile kontrol ediniz.
➢ Lambayı anahtara bağlayarak anahtarı gerilim kaynağına bağlayınız.	➢ Bağlantı esnasında anahtarı enerji iletmeyecek şekilde tutunuz.
➢ Geyt ucuna direnç ve doğru akım kaynağını bağlayınız.	➢ Önce G anahtarını sonra doğru akım kaynağını bağlayınız.
➢ Önce A anahtarını sonra G anahtarını kapatınız.	➢ Lambanın G anahtarını kapatıp açtığınızda yanmaya devam ettiğini kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Tristör uçlarını tespit edebiliyor musunuz?		
2. Bağlantıları sırasına uygun ve doğru yapabildiniz mi?		
3. Devreyi çalıştırabildiniz mi?		
4. Devredeki değişmeleri kontrol edebiliyor rmusunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Tristör, küçük bir geyt (kapı) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen yarı iletken sessiz bir anahtarlama devre elemanıdır.

2. ( ) Anoduna (+), katoduna (-) gerilim verildiğinde hemen çalışır.

3. ( ) Anot katot arasını iletime geçirebilmek için katoda göre geyte (-) gerilim vermek gerekir.

4. ( ) DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra geyt tetikleme gerilimini kesseniz dahi tristör çalışmaya devam eder.

5. ( ) Tristör AC gerilimde çalışılırken geyt tetikleme gerilimi kesildiğinde tristörün iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hale geçer.

6. ( ) MOSFET hızlı anahtarlama özelliğine sahip değildir.

7. ( ) MOSFET yüksek frekans uygulamalarında da kullanılabilir.

8. ( ) Düşük ve orta güç uygulamalarında MOSFET'ler tercih edilmez.

9. ( ) MOSFET'ler akımla kontrol edilir ve hızlı anahtarlama yapabilmeye müsaittir.

10. ( ) MOSFET düşük gerilim ve yüksek akımlarda oldukça çok avantajlıdır.

11. ( ) IGBT'nin giriş ve kontrol özellikleri MOSFET'e ve çıkış özellikleri BJT'ye benzer.

12. ( ) IGBT 100 A ve 200 V'lara kadar üretilmektedir.

13. ( ) IGBT'ler, 2 ile 4 V arasında gerilim düşümü ve 0,5 ile 1,5 mikrosaniye arasında anahtarlama süresine sahiptir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–6

AMAÇ

Doğrultucu ve evirici kontrol yöntemlerini bileceksiniz.

ARAŞTIRMA

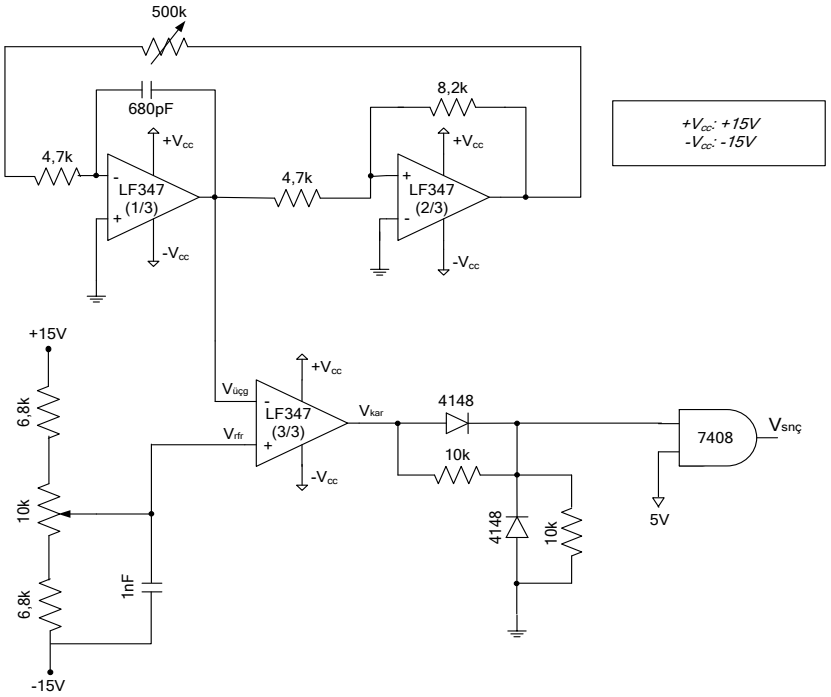
- PWM kontrol yöntemini araştırınız.
- Evirici kontrol etmek ne anlama geldiğini araştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.

6. DOĞRULTUCU VE EVİRİCİ KONTROL YÖNTEMLERİ

6.1. PWM Kontrol Tekniği

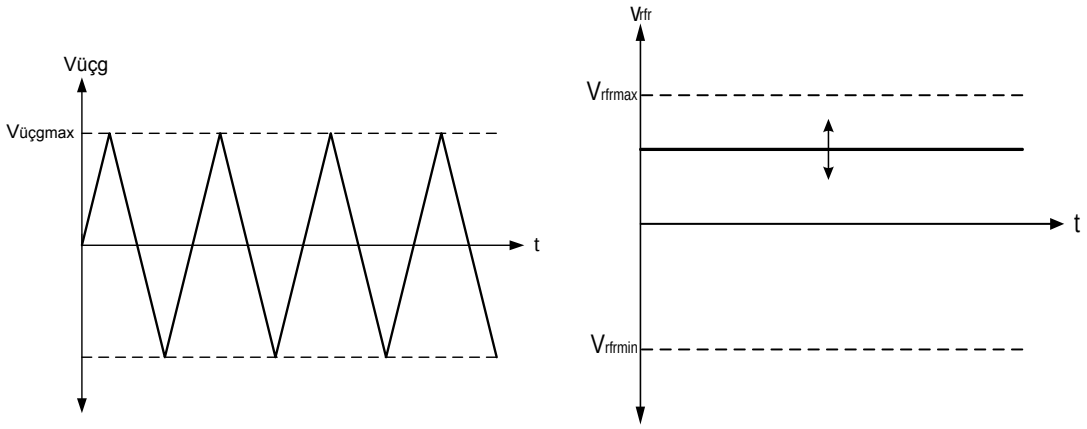
Yaygın olarak DC-DC dönüştürücülerde ve diğer bazı uygulamalarda kullanılan DC-PWM kontrol yöntemi, en kolay ve en basit yöntem olarak bilinmektedir. Prensip olarak, bir üçgen gerilim sinyali ile bir DC referans gerilimin karşılaştırılmasına dayalıdır. Her iki gerilim de tek yönlü veya çift yönlü olabilmektedir. Karşılaştırıcı ve opamplar, çift yönlü gerilim ile beslendikleri zaman, sıfır (0) civarında sağlıklı işlem yapabilmektedir.

Şekil 6.1'de, iki yönlü olarak üstteki 2 karşılaştırıcıyla bir üçgen gerilim sinyali ile alt soldaki gerilim bölücü dirençler ve potansiyometreyle bir referans gerilim üreten, bunları alt ortadaki karşılaştırıcıyla karşılaştırarak darbe genişliği ayarlanabilen çift yönlü kare dalga sinyali elde eden, sonra bu sinyali alttaki sinyal diyotlarıyla tek yönlü hale getiren ve sinyalin yükselen ve düşen kenarlarını alt sağdaki VE kapısıyla keskinleştiren bir DC-PWM kontrol devresi görülmektedir. Böylece, referans gerilim ile D görev oranı veya bağıl darbe genişliği ayarlanabilen bir gerilim sinyali üretilmiş olmaktadır.

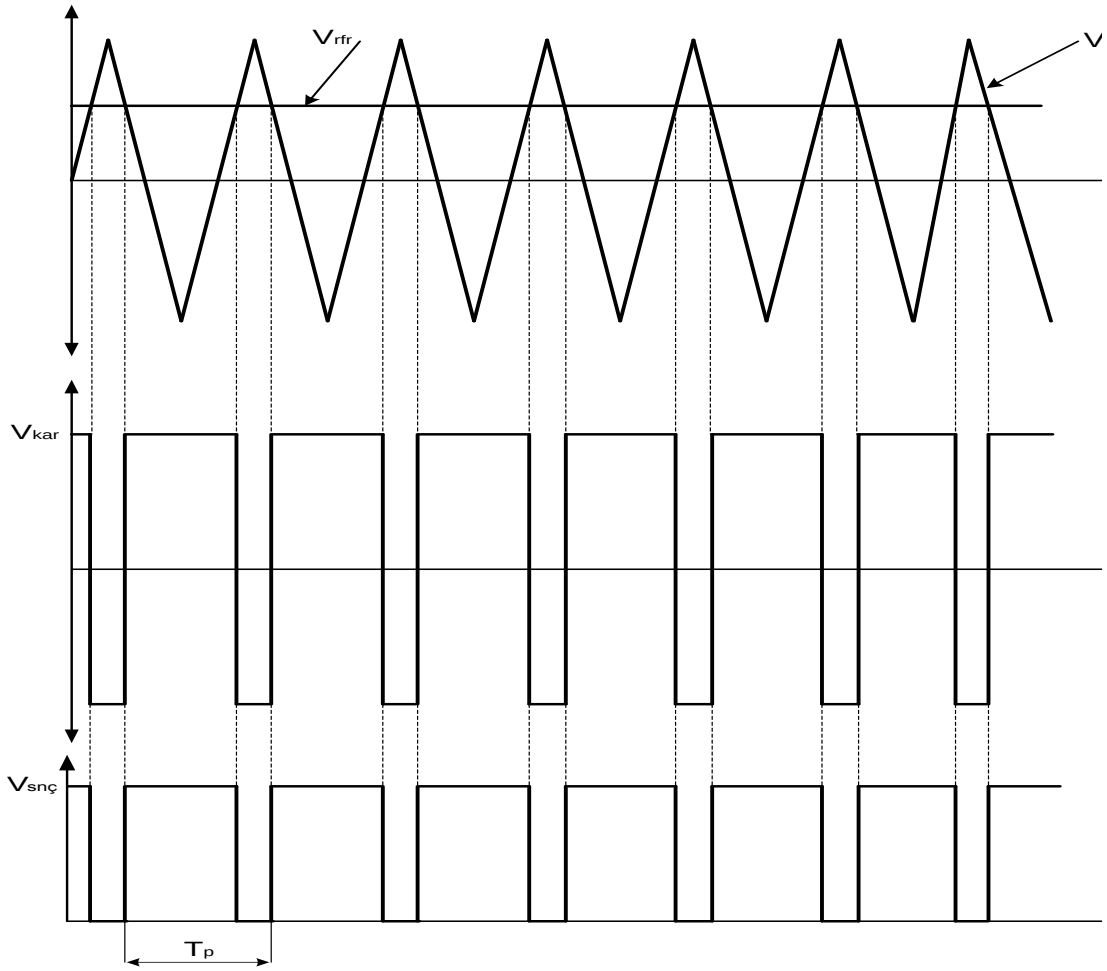


Şekil 6.1: Doğru akım – PWM kontrol devresi

Üst sağdaki karşılaştırıcı çıkışında daima ± 15 V şeklinde iki yönlü kare dalga gerilim oluşur. Üst soldaki karşılaştırıcının giriş ve çıkışları arasındaki kondansatör, minimum ve ayarlı dirençler üzerinden sabit bir akımla, diğer karşılaştırıcı çıkışı + iken deşarj ve – iken şarj olur. Böylece, bu karşılaştırıcı çıkışında belirli bir genliğe sahip olan bir üçgen gerilim sinyali elde edilir.



Şekil 6.2: (a) İki yönlü üçgen gerilim sinyali, (b) Doğru akım referans gerilim sinyali



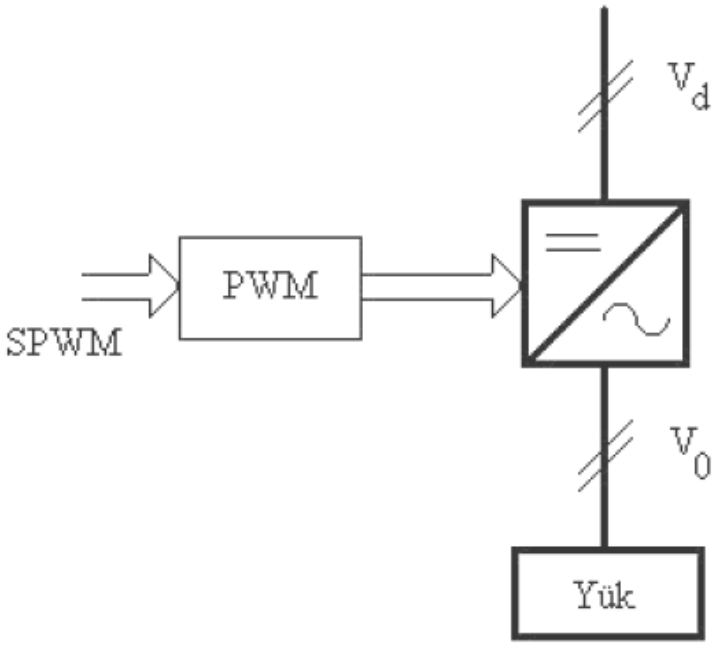
Şekil 6.3: İki yönlü taşıyıcı üçgen gerilim sinyali ile DC referans gerilim sinyalinin karşılaştırılması ve sinyalin tek yönlü hale getirilmesi

Üçgen ve referans gerilimleri karşılaştıran alttaki karşılaştırıcı çıkışında, bağıl olarak genişliği ayarlanabilen iki yönlü darbeler oluşur. Pozitif darbeler, üstteki sinyal diyodu üzerinden çıkışa aktarılır. Negatif darbelerde, alttaki sinyal diyodu üzerinden bir akım geçer, iletimde olan diyot çıkışı –0.6 V'ta tutar. Böylece diyotlu devre, iki yönlü darbeleri tek yönlü hale getirir. VE (AND) kapısı ise bu tek yönlü darbelerin yükselen ve düşen kenarlarını keskinleştirir.

6.2. Gerilim Kontrollü PWM

Literatürde gerilim kontrollü PWM açık döngü kontrol tekniği olarak adlandırılır. Açık kontrol tekniğinde bir referans giriş gerilimi alınarak sistemin sürekliliği gerçekleştiri-

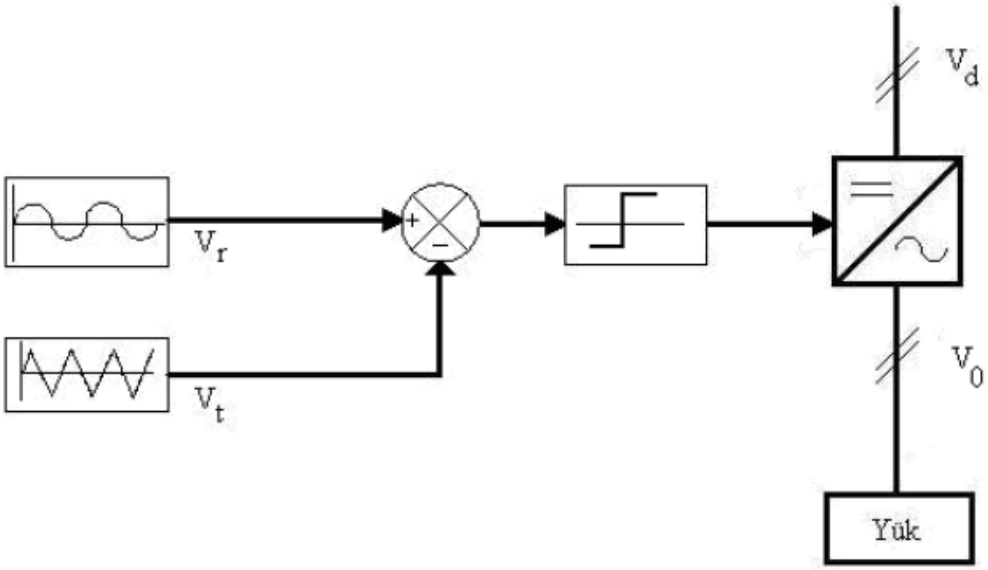
lir. Bu teknikte alınan giriş referans gerilimi işaretin farklı bir üçgen dalga işareti ile karşılaştırılması sonucu taşıyıcı temelli PWM oluşur.



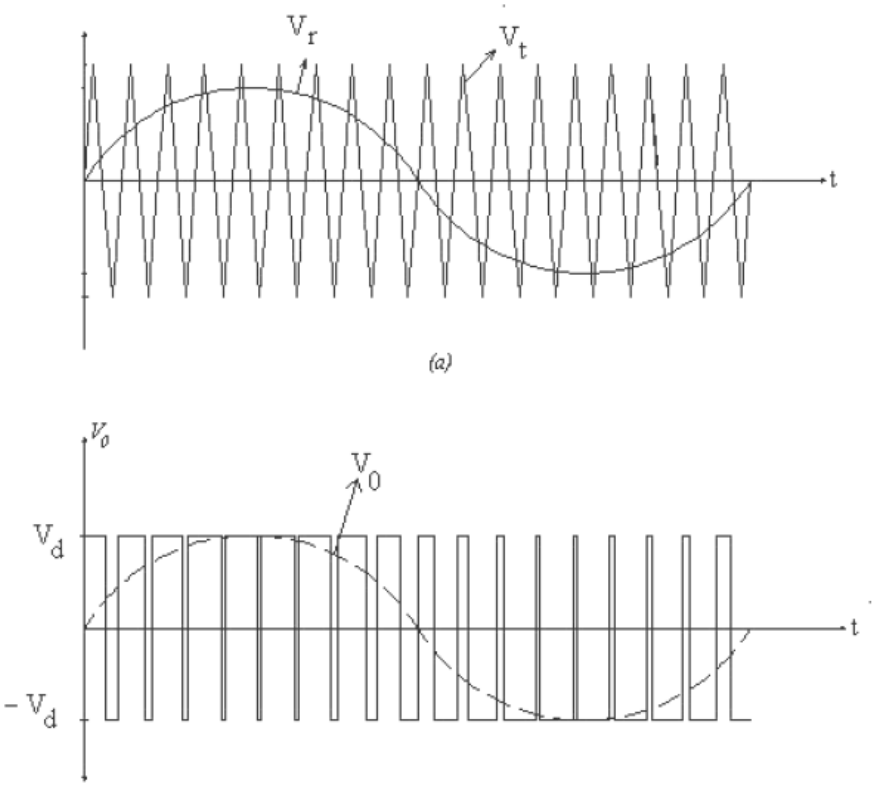
Şekil 6.4: Gerilim kontröllü PWM blok şeması

Taşıyıcı temelli sinüsoidal PWM, eviricideki yarı iletken anahtarlama elemanlarının tetikleme anlarını belirlemek ve eş zamanlamayı sağlayabilmek için sinüsoidal PWM metodu endüstriyel uygulamalarda çoğunlukla kullanılmaktadır. Şekil 6.5'te kontrol blok şemasında gösterildiği gibi evirici çıkışının gerilimini ve frekansını belirleyecek bir sinüs referans işareti, frekans ve genliği sinüs işaretinden daha büyük bir üçgen dalga işaret ile karşılaştırılır. Bu iki işaretin kesiştiği noktalarda evirici içindeki aynı koldaki anahtarlama elemanları durum değiştirir.

Evirici çıkış gerilimi ve frekansı değerinin değiştirilmesi için referans işareti (kontrol işareti) genliğinin ve frekansının değiştirmesi yeterli olacaktır. Genliği değişken sinüsoidal referans işareti, daha yüksek frekanslı üçgen dalga taşıyıcı işaretin karşılaştırılması yapılarak oluşan kesişme noktaları ile anahtarlama elemanlarının anahtarlama süreleri belirlenmektedir. Sinüs dalgasının genliğinin yükseltilip azaltılmasıyla, çıkışta elde edilen PWM işaretinin darbe genişliklerinin değişmesi, temel bileşenin genliğinde değişme sağlar.



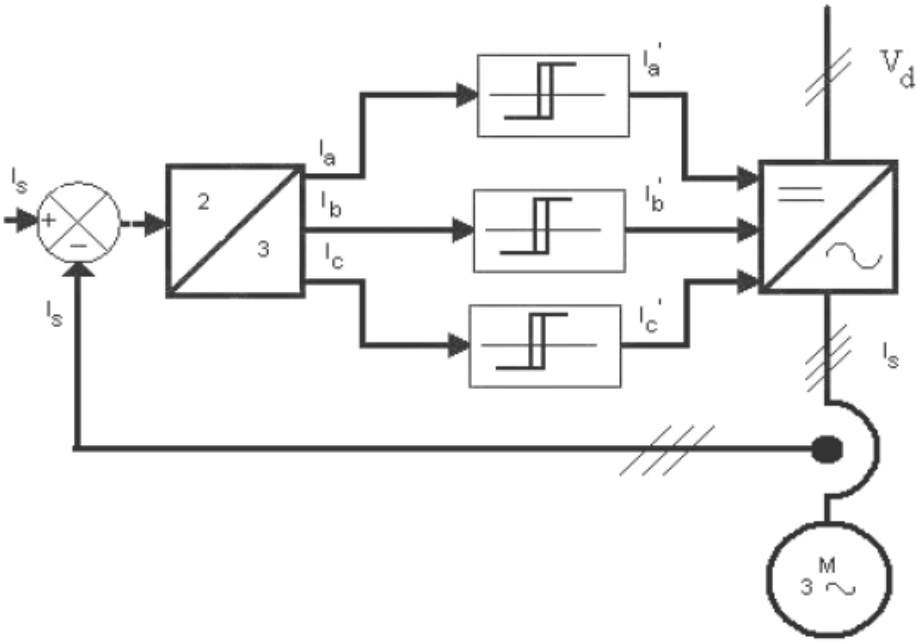
Şekil 6.5: Sinüsoidal PWM kontrol blok şeması



Şekil 6.6: Çift yönlü gerilim anahtarlamalı sinüsoidal PWM

6.3. Akım Kontrollü PWM

Akım kontrollü PWM eviriciler, yüksek performanslı AC sürücülerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kontrol metodu aynı zamanda kapalı döngü PWM kontrol tekniği diye de adlandırılır. Şekil 6.7'de gerçekleştirilen kontrol, stator vektör akımı için ya da stator akı vektörü için bir geri döngü kontrol yapılarak gerçekleştirilir. Akım kontrollü PWM evirici, geleneksel gerilim kaynaklı PWM eviriciye kontrol çıkış akımı sağlamak amacıyla akım-düzenleme (ayarlama) döngülerinin eklenmesi ile oluşturulur. Bu kontrol tekniği lineer olmayan yükler için yeterince hızlıdır.

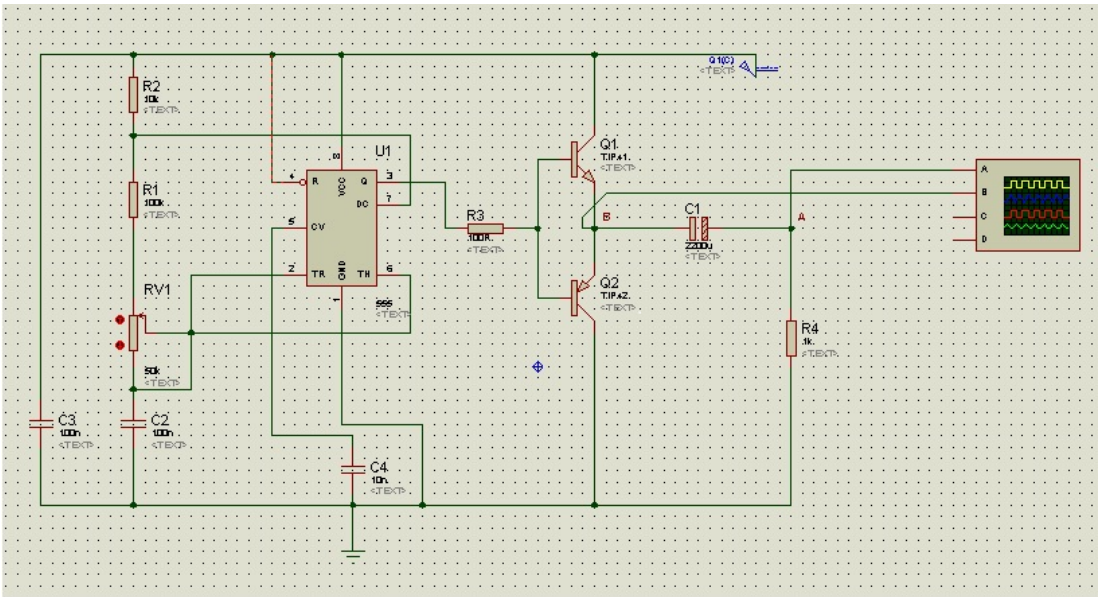


Şekil 6.7: Akım kontrollü PWM tekniği ile çalışan eviricinin blok şeması

Akım kontrolü değişik formlarda olabilir. Genellikle sinüsoidal bir referans akım dalga şekli üretilir ve bu dalga motorun gerçek ölçülen akımı ile birlikte karşılaştırıcıyı besler. Eğer motorun faz akımı, referans akım değerinden daha pozitif ise üst kısımdaki elemanlar kesime, alt kısımdaki elemanlar iletime geçerek motorun akımının azalması sonucunu doğurur. Karşılaştırıcı ölü bant (histerisiz) genişliği vardır. Bu bant eviricinin anahtarlamaya başlamadan önceki izin verilen referans akım ile gerçek akımı arasındaki farkı belirler. Böylece gerçek akım, referans akımı, faz gecikmesi ve önemli hata büyüklüğü olmadan izler. Üç fazlı sistemlerde, genellikle her faz için ayrı akım kontrolü vardır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki PWM kontrollü evirici devresini kurunuz.



İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Devreyi proteus programında kurunuz.	➢ Program için öğretmenlerinizden yardım alınız. ➢ Devrenin çalışmasını program üzerinde kontrol ediniz.
➢ Devreyi board üzerine kurunuz.	➢ Devre elemanlarının değerlerine dikkat ediniz. *R1: 100kΩ* *R2: 10kΩ* *Pot1: 50kΩ* *R3: 100Ω* *R4: 1k Ω* *C3=C2: 100nF* *C4: 10nF* *C1: 220µF* *Q1:TIP41* *Q2:TIP42* *555 entegresi*
➢ Entegre bağlantısını yapınız.	➢ Entegrenin bacak uçlarını bilgi

	yaprağından kontrol ediniz ve bağlantıların temas edip etmediklerini ölçü aleti ile kontrol ediniz.
➢ Devrenin uçlarına 10 voltluk doğru gerilim uygulayınız.	➢ Bağlantı esnasında gerilim değerini ölçerek devreye bağlayınız.
➢ Osilaskop uçlarını bağlayınız.	➢ Osilaskop kullanımı için öğretmeninizden yardım isteyiniz.
➢ Osilaskop ekrenında evirici çıkış dalga şeklini inceleyiniz.	➢ Dalga şekillerini metrik kâğıda çiziniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Entegre uçlarını tespit edebiliyor musunuz?		
2.	Bağlantıları sırasına uygun ve doğru yapabildiniz mi?		
3.	Devreyi çalıştırabildiniz mi?		
4.	Devredeki değişmeleri kontrol edebiliyor musunuz?		
5.	Osilaskop bağlantısını yapabiliyor musunuz?		
6.	Osilaskop ekranından eğirleri doğru şekilde okuyabiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) DC-PWM kontrol yöntemi, en zor ve en karmaşık yöntem olarak bilinmektedir.

2. ( ) PWM kontrol tekniği, bir üçgen gerilim sinyali ile bir DC referans gerilimin karşılaştırılmasına dayalıdır.

3. ( ) Gerilim kontrollü PWM kapalı döngü kontrol tekniği olarak adlandırılır.

4. ( ) Akım kontrollü PWM eviriciler yüksek performanslı AC sürücülerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

5. ( ) Üç fazlı sistemlerde, genellikle her faz için ayrı akım kontrolü vardır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme'ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Girişine uygulanan doğru gerilimi çıkışında daha düşük seviyeye alçaltan dönüştürücü tipi hangisidir?
A. Yükseltici dönüştürücü
B. Düşürücü dönüştürücü
C. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü
D. Alçaltan-yükselten dönüştürücü

2. Girişine uygulanan doğru gerilimi çıkışında daha yüksek seviyeye yükselten dönüştürücü tipi hangisidir?
A. Yükseltici dönüştürücü
B. Düşürücü dönüştürücü
C. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü
D. Alçaltan-yükselten dönüştürücü

3. Girişine uygulanan doğru gerilimi çıkışında düşürüp veya yükselten dönüştürücü tipi hangisidir?
A. Yükseltici dönüştürücü
B. Düşürücü dönüştürücü
C. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü
D. Alçaltan-yükselten dönüştürücü

4. Aşağıdakilerden hangisi izoleli dönüştürücü sınıfına girer?
A. Yükseltici dönüştürücü
B. Düşürücü dönüştürücü
C. Düşürücü-yükseltici dönüştürücü
D. Flyback dönüştürücü

5. Anahtarlama elemanının iletimde kalma aralığına ne denir?
A. Görev oranı
B. Anahtarlama frekansı
C. Periyot süresi
D. İletim frekansı

6. Aşağıdakilerden hangisi PWM açık döngü kontrol tekniği olarak adlandırılır?
A. Gerilim kontrollü PWM
B. Akım kontrollü PWM
C. Sinüsoidal PWM
D. Kare dalga PWM

7. Aşağıdakilerden hangi evirici kontrolü yüksek performanslı AC sürücülerinde yaygın olarak kullanılmaktadır?

A. Gerilim kontrollü PWM
B. Akım kontrollü PWM
C. Sinüsoidal PWM
D. Kare dalga PWM

8. Aşağıdakilerden hangi kontrol tekniği bir üçgen gerilim sinyali ile bir DC referans gerilimin karşılaştırılmasına dayalı olarak çalışır?

A. Gerilim kontrollü PWM
B. Akım kontrollü PWM
C. Sinüsoidal PWM
D. DC- PWM

9. Aşağıdakilerden hangisi izole kapılı bipolar transistördür?

A. GTO
B. IGBT
C. MOSFET
D. SCR

10. Dönüştürücülerde enerji aktarımı hangi elemanlar gerçekleştirilir?

A. Kondansatör
B. Anahtarlama elemanı
C. Bobin
D. Diyot

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	izoleli, izolesiz
2	sürekli, kesintili
3	düşürücü
4	kondansatör, bobin, anahtarlama elemanı, diyottan
5	daha yüksek, yükselterek
6	düşük
7	büyük
8	manyetik kuplajlı endüktans
9	flyback
10	50, 100
11	Tek bir transformatöre
12	ortası sıfırlanmamış

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	Y
5	D
6	D
7	D
8	Y
9	D
10	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y
6	Y
7	D
8	D
9	B
10	D
11	C
12	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	alternatif akım
2	bir fazlı, üç fazlı
3	şebeke bağlantılı, ada sistemlerinde
4	sinüsoidal
5	akım kaynaklı, gerilim kaynaklı
6	transistör, tristör, mosfet, IGBT
7	yarım köprü
8	anahtarlama, diyot

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	D
5	D
6	Y
7	D
8	Y
9	Y
10	D
11	D
12	Y
13	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-6'NIN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	Y
4	D
5	D

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	C
4	D
5	A
6	A
7	B
8	D
9	B
10	C

KAYNAKÇA

- SHAFFER R.,**Fundamentals of Power Electronics wirh MATLAB**, Charles River Media, Boston, Massahusetts, 2007.

- KZDALOĞLU A., B. ÇAKIR, M. DEMİR, A. GÜNEROĞLU, Ş. ÖZDEMİR, M. UÇAR, **Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinde Kullanılan Çok Seviyeli Eviricilerin İncelenmesi**, 4. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 12-13 Mayıs Kocaeli, 2011.

- ÖZDEMİR Ş., **Fotovoltaik Sistemler İçin Mikrodenetleyicili En Yüksek Güç Noktasını İzleyen Bir Konvertörün Gerçekleştirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

- MEGEP, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Alanı, **Analog Devre Elemanları Modülü**, Ankara, 2012.

- MEGEP, Elektrik Elektronik Teknolojileri Alanı, **Anahtarlama Elemanları Modülü**, Ankara, 2012.

- YURTBAŞI K., **Bir Fazlı Köprü İnverter Uygulamaları**, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2007.

- SARIKURT T., **Yenilenebilir Enerji Sistemleri İçin Çok Katlı Evirici Tasarımı**, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği ABD, Geze, 2010.

- BODUR Hacı, **Güç Elektroniği, Temel Analiz ve Sayısal Uygulamalar**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.

- ÇOLAK İ., E. KABALCI, **Evirici Topolojileri ve Gelişimleri Üzerine Bir İnceleme**